UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA

INSTITUTO DE QUÍMICA

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

**Explorando a Aprendizagem Baseada Problemas no
Ensino Médio para tratar de temas interdisciplinares a
partir das aulas de química**

Crizélia Gislane Bezerra Santos

São Paulo

2010

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

**Explorando a Aprendizagem Baseada em Problemas no
Ensino Médio para tratar de temas interdisciplinares a
partir das aulas de química**

Crizélia Gislane Bezerra Santos

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia

*Dissertação de mestrado apresentada ao
Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto
de Biociências e a Faculdade de Educação da
Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de
Mestre em Ensino de Ciências.*

**São Paulo
2010**

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Santos, Crizélia Gislane Bezerra

Explorando a aprendizagem baseada em problemas no ensino médio para tratar de temas interdisciplinares a partir das aulas de química. – São Paulo 2010

Mestrado (Dissertação) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia

Área de Concentração: Química

Unitermos: 1. Química – Estudo e ensino;
2. Aprendizagem baseada em problemas; 3. Ilhas de racionalidade; 4. Interdisciplinaridade;
5. Mapas conceituais.

USP/IF/SBI-006/2010

"Diga-me e esquecerei,
Ensina-me e aprenderei,
Envolve-me e entenderei."

Confúcio – séc. V a.C

A José (em memória)
e Estelita, pais queridos, que
me proporcionaram a
oportunidade de 'ser', não
por terem me dado a vida,
mas por terem me ensinado o
verdadeiro valor que ela tem.

AGRADECIMENTOS

Mais que agradecer, meu desejo é de compartilhar este trabalho, que apesar de solitário contou com afetividade, colaboração e profissionalismo de muitos.

Ao meu orientador, Paulo Rogério, que proporcionou as bases fundamentais deste trabalho e que pacientemente acompanhou minhas incertezas e inseguranças, sem jamais desacreditar na relevância das reflexões propostas por esta dissertação.

À Universidade de São Paulo, que me proporcionou a oportunidade de buscar o conhecimento e aos meus professores do curso de Química, em especial, os da licenciatura, que me ajudaram a compreender os conceitos dessa disciplina maravilhosa e sua importância para a sociedade.

As pesquisadoras e colegas Karina e Roberta pela categorização dos dados.

Agradeço também meus colegas de graduação em especial a Patrícia e a Carina, queridas amigas e companheiras.

Um agradecimento especial para minha irmã, Cristiane, que me inspirou e apresentou o maravilhoso mundo da busca pelo conhecimento, através de discussões intermináveis na adolescência.

Por fim, gostaria de agradecer, ao Ricardo, meu marido companheiro, que compartilhou todos os momentos de inquietação e quase desespero dessa caminhada, mas, que soube me incentivar mostrando os pontos positivos e ressaltando os momentos de satisfação.

Obrigada!

RESUMO

Considerando os processos de mudança na sociedade e a demanda por novas formas de trabalhar com o conhecimento no ensino, discute-se um novo caminho metodológico inovador: a **Aprendizagem Baseada em Problemas** (ABP). Descrevendo suas raízes teóricas, procurou-se identificar os seus princípios orientadores a fim de formar cidadãos críticos e conscientes do mundo em que vivem. Os currículos escolares encontrados na maioria das escolas são multidisciplinares, formados por uma soma de disciplinas isoladas. Isso pode dificultar que os alunos dêem sentido aos conhecimentos adquiridos na escola, separando-os dos conhecimentos da “vida”. A ABP, por ser um método de ensino que tem como ponto de partida um problema que pode ser relacionado à realidade dos alunos, pode ajudar a conferir sentido aos conhecimentos escolares. Aliada à interdisciplinaridade, a ABP torna-se uma ferramenta importante para tratar de problemas complexos da sociedade na escola. O objetivo desta pesquisa foi verificar se a ABP pode promover a interdisciplinaridade nas aulas de Química no Ensino Médio, utilizando as Ilhas de Racionalidade (IR) como modelo de trabalho interdisciplinar. A partir dos princípios da ABP e das etapas das IR, elaborou-se uma situação de aprendizagem (SApr) explorando o tema *“Tratamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos em Grandes Cidades”*. Os dados de pesquisa foram coletados em duas turmas do segundo ano do Ensino Médio em uma escola estadual localizada na região metropolitana de São Paulo. Os mapas conceituais elaborados pelos alunos no início e no final da SApr foram o principal instrumento de coleta de dados. Verificou-se que inicialmente os estudantes faziam relações superficiais sobre o assunto abordado na SApr havendo uma maior especialização nessas relações no final do processo, envolvendo conceitos de biologia, geografia e química. Pôde-se observar que problemas que se aproximam da realidade dos

alunos, tratados de maneira interdisciplinar, motivam os alunos a aprender de forma mais significativa.

ABSTRACT

The curricula found in most schools are multidisciplinary, consisting of a sum of isolated disciplines. This can make it difficult for students to give meaning to the knowledge acquired in school, separating them from the knowledge of "life". The Problem-based Learning (PBL) is a teaching method that has as its starting point a problem related to the reality of students, increasing the meaning to the contents of scholar disciplines. Allied with interdisciplinary, PBL becomes an important tool to address complex problems of society. The purpose of this study was to determine whether PBL can promote interdisciplinarity during chemistry classes in high school, using the Rationality Islands (RI) as a model for the interdisciplinary work. Based on the PBL principles and the RI stages, a 14-class sequence was set up for discussing "Treatment and Water Resources Management in Big Cities". Empirical data were collected in two 2nd-year classrooms of a public high school, located in São Paulo. The concept maps produced by students at the beginning and end of the 14-class sequence were the main option for collecting data. It was found that students made superficial relations about the concepts involved with the subject at the beginning, focusing only on chemistry and facts. On the other hand, the final concept maps showed interdisciplinary relationships involving concepts from biology, geography and chemistry. It was observed that problems that approach the reality of children treated in an interdisciplinary way motivate students to learn more significantly.

Sumário

AGRADECIMENTOS.....	III
RESUMO.....	IV
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	X
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 A SOCIEDADE E AS NOVAS NECESSIDADES DO ENSINO	1
1.2 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TÉCNICA (ACT)	5
1.3 CONTEXTOS: SENTIDO NO ENSINO DE CIÊNCIAS	7
1.4 UMA ALTERNATIVA	10
2. OBJETIVO DA PESQUISA	11
3. PERGUNTA DE PESQUISA.....	11
4. HIPÓTESE DE TRABALHO	11
5. REVISÃO DA LITERATURA	12
5.1 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS	12
5.1.1 Breve Histórico.....	12
5.1.2 Origens Filosóficas	14
5.1.3 Estrutura	17
5.1.4 O Problema	20
5.1.5 O ciclo da ABP	20
5.2 INTERDISCIPLINARIDADE	23
Disciplinaridade	24
Multidisciplinaridade	24
Pluridisciplinaridade.....	24
Interdisciplinaridade (ID)	25
5.2.1 Interações Disciplinares & Grade Curricular	27
5.2.3 As interações no Ensino de Química	28
5.3 ID & ABP	30
5.4 ILHAS DE RACIONALIDADE: MODELO DE TRABALHO INTERDISCIPLINAR	31
5.5 RELAÇÕES ENTRE ABP E IR.....	33
5.6 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	37
5.6.1 Mapas Conceituais.....	39
6. A PESQUISA	43
6.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	43
6.1.1 Local da pesquisa	43

6.1.2 Sujeitos.....	45
6.2 CAPACITAÇÃO DOS ALUNOS PARA ELABORAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS	47
6.3 SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM.....	50
7. PROCEDIMENTO DE PESQUISA	53
7.1 COLETA DE DADOS.....	53
7.1.1 Observações e Relatórios: Contexto da sala de aula.	54
7.1.2 Mapa conceitual inicial (MCi)	54
7.1.3 Mapa conceitual final (MCf)	55
7.1.4 Questionário de avaliação do projeto.....	55
7.2 TRATAMENTO DOS DADOS	57
7.2.1 Mapas Conceituais.....	57
Análise estrutural.....	57
Análise semântica (conceitual)	64
7.2.2 Questionário de Avaliação do projeto	66
8. RESULTADOS E DISCUSSÕES	68
8.1 OBSERVAÇÕES E RELATÓRIOS	68
8.2 MAPAS CONCEITUAIS	71
8.2.1 Análise estrutural.....	71
8.2.2 Análise semântica	72
8.3 RELAÇÕES DISCIPLINARES & PROBLEMAS ESCOLHIDOS PELOS GRUPOS.....	79
8.4 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PROJETO.....	83
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Objetivos da ACT e suas consequências, segundo Fourez (2007)	6
Figura 2: Utilização de Contextos e Sentido.....	9
Figura 3: Fundamentos propostos por Dewey, Bruner e Barrows.....	17
Figura 4: Configuração da sala de aula (a) tradicional com carteiras (b) na ABP com mesas.....	19
Figura 5: Ciclo da ABP	21
Figura 6: Relação entre o primeiro nível da ID (representado por Ambiente) e o segundo (representado pelas disciplinas)	25
Figura 7: Relações entre disciplinas.....	26
Figura 8: Grade Curricular do EM segundo os PCNs	27
Figura 9: Disciplinas necessárias para estudar aminoácidos no Ensino Médio e no Ensino Superior.....	28
Figura 10: Relações entre ABP e IR	35
Figura 11: Exemplo de MC.....	40
Figura 12: Estrutura de uma proposição	40
Figura 13: importância do termo de ligação na estrutura proposicional (Dornelas, 2009).....	41
Figura 14: Exemplo de proposição de um MC.....	41
Figura 15: Equipe gestora da unidade escolar em 2007.	44
Figura 16: Fundamentos da Situação de Aprendizagem.....	50
Figura 17: Estrutura da coleta de dados.....	53
Figura 18: Questionário de avaliação do projeto.....	56
Figura 19: Exemplo da análise estrutural em um MC (MCi 3).	61
Figura 20: Exemplo da análise estrutural em um MC (MCi 2).....	63
Figura 21: Gráfico - classificação dos MCs em níveis estruturais.	71
Figura 22: Gráfico - Análise conceitual das proposições.	75
Figura 23: Gráfico - Proposições de Química nos MCis e nos MCfs.....	76
Figura 24: Gráfico - proposições Antropogênico a e b nos MCi e nos MCf.	76
Figura 25: Mapa Conceitual final do grupo 1.....	80
Figura 26: Mapa Conceitual inicial de parte dos integrantes do grupo 1	81
Figura 27: Mapa Conceitual inicial de parte dos integrantes do grupo 1	81

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Mudanças na Sociedade.	3
Tabela 2: Comparação entre pedagogia tradicional e a pedagogia de Dewey.	16
Tabela 3: Etapas de uma IR, propostas por Fourez	32
Tabela 4: Relação entre as etapas da ABP e do modelo de trabalho IR.....	33
Tabela 5: Descrição da situação de aprendizagem.....	52
Tabela 6: Relação entre critérios e níveis na análise estrutural de MC.....	60
Tabela 7: Quadro para avaliação estrutural dos MCs	61
Tabela 8: Quadro de avaliação estrutural do MC da Figura 19.....	62
Tabela 9: Quadro de avaliação estrutural do MC da Figura 20	64
Tabela 10: Parte da tabela com as proposições dos MCs.....	64
Tabela 11: Exemplo da tabela utilizada para a categorização das proposições.....	65
Tabela 12: Passos percorridos para a categorização das proposições	65
Tabela 13: Categorias das respostas dos alunos do questionário de avaliação do projeto.	66
Tabela 14: Problemas escolhidos pelos alunos	68
Tabela 15: Produto final de cada grupo.....	70
Tabela 16: Exemplo de categorização de proposições na análise semântica.	73
Tabela 17: Categorias para a análise conceitual das proposições.....	74
Tabela 18: Alguns exemplos de proposições da categoria antropogênico (a e b) nos MCs e nos MCfs.	77
Tabela 19: Repetição e porcentagem das respostas dos alunos das questões 1 e 2.	83
Tabela 20: número de repetições das respostas dos alunos por categoria das questões 3, 4 e 5. ..	84

1. INTRODUÇÃO

1.1 A sociedade e as novas necessidades do ensino

“Uma cultura cyber está em vias de se expandir mesmo que só possa ser alcançada por alguns privilegiados, trata-se de uma revolução radical que marca o surgimento de uma sociedade pós-industrial e que implica no nascimento de um novo pensamento.”

Edgar Morin, 1998.

O desenvolvimento pleno de uma sociedade justa e igualitária depende da formação de cidadãos críticos e conscientes das suas responsabilidades enquanto partícipes do processo de melhoria e transformação da realidade. Nesse contexto, a educação formal oferecida nas escolas é decisiva para alterar o panorama social que predomina no Brasil. Além de proporcionar a possibilidade de inserção e promoção na sociedade, o ingresso no sistema educacional permite que o indivíduo desenvolva atitudes que despertem sua preocupação em melhorar a realidade que o cerca em termos econômicos, sociais e ambientais (Morin, 2001).

A ciência e a tecnologia ocupam um lugar de destaque na sociedade pós-industrial, sendo imprescindíveis para o desenvolvimento das atividades agrícolas, industriais e do setor de serviços (De Masi, 2000). Desde a descrição do método científico, o processo de descoberta tornou-se muito mais eficiente e confiável (De Meis, 2005). Além disso, a subsequente institucionalização da ciência propiciada pelas academias provocou um aumento crescente do número de pessoas que passaram a se dedicar à investigação científica, não só nas universidades e institutos de pesquisa, mas também na indústria, que começou a produzir novos artigos rapidamente absorvidos pelo mercado mundial. Trata-se da Revolução Industrial

iniciada no século XVIII, pouco tempo depois da Revolução Científica. Desde então, a evolução tecnológica do homem acelerou-se enormemente e as consequências práticas da ciência tornaram-se cada vez mais evidentes, promovendo mudanças que afetaram drasticamente a forma de viver da população mundial (Hobsbawn, 2001).

O impacto dessa explosão do conhecimento científico extrapola o âmbito tecnológico e afeta também as áreas artísticas, culturais, políticas e econômicas (Hobsbawn, 2001). Uma consequência importante foi à obsolescência dos paradigmas da sociedade industrial e a transição para uma sociedade pós-industrial, iniciada na segunda metade do século XX.

Enquanto a sociedade industrial estava voltada ao trabalho manual, com esforço físico, e à produção de bens materiais, a sociedade pós-industrial é centrada no trabalho intelectual, no tempo livre e na produção de bens não-materiais: serviços, símbolos, informações, valores e estética (De Masi, 2003).

Na sociedade industrial, o poder dependia da posse dos meios de produção (fábricas). Por outro lado, na sociedade pós-industrial o poder depende da posse dos meios de ideação (laboratórios) e de informação (comunicação de massa).

A sociedade pós-industrial exige cidadãos críticos com uma visão integrada dos desafios globais que serão enfrentados no século XXI, em contraponto com as exigências técnicas que eram requeridas no âmbito da sociedade industrial. Este fato decorre do grande acúmulo de informação técnica - científica produzida nas últimas décadas.

A Tabela 1 mostra algumas mudanças de paradigmas que ocorreram na transição da sociedade industrial para a sociedade pós-industrial.

Tabela 1: Mudanças na Sociedade.

	Sociedade	
	Industrial	Pós-industrial
Período	Século XVIII - Início XX	Final XX
Modelo predominante	Padronização	Criatividade e estética
Trabalho	Manual (desgaste físico) Técnico do tipo executivo	Intelectual do tipo criativo
Exigência de formação	Técnica – especialista	Integrada – generalista
Com base na produção	Bens materiais	Bens imateriais
Economia baseada em	Manufatura com máquinas (meios de fabricação)	Serviços (meios de ideação/informação)
Poder	Posse dos meios de fabricação	Posse dos meios de ideação/informação

Contrastando com essas mudanças sociais (Tabela 1), a escola pouco mudou e ainda é marcada pelo paradigma da padronização, marca registrada da sociedade industrial: suas salas são iguais, os professores têm uma fala de preferência padronizada e a expectativa é de que os alunos respondam da mesma forma, às mesmas perguntas (Menezes, 2000).

Neste novo contexto, no qual exige uma visão integrada do mundo, o ensino de ciências continua ocorrendo de forma fragmentada, por meio de disciplinas isoladas que pouco interagem entre si. O resultado desse processo pode ser percebido pela dificuldade que os alunos apresentam em compreender problemas do mundo real, que são complexos e exigem a articulação de saberes de diferentes disciplinas.

A necessidade de aumentar os significados dos conteúdos científicos escolares e de discutir o papel das ciências e da tecnologia na sociedade pós-

industrial tornou-se questão das mais importantes no cenário educacional (Fourez, 1997a; Morin, 2001).

É preciso que, ao invés de se desenvolver um currículo voltado para um amontoado de disciplinas que se apresentam aos alunos, estruturados de acordo com os paradigmas de cada disciplina, haja efetivamente a participação dos alunos nas atividades, culminando com a construção de um projeto envolvendo os conhecimentos disponíveis, oriundos das diversas áreas da educação formal ou do saber popular, o que pode ser entendido como alfabetização científica e técnica (ACT) (Fourez, 1997b). Por seu caráter interdisciplinar e criativo, a ACT pode ser considerada como uma das alternativas que privilegiam uma educação que atenda as necessidades da sociedade pós-industrial.

A adoção da ACT atende ao desejo de que o ensino de ciências extrapole os aspectos informativos e valorize aspectos formativos, que permitam a alfabetização científica tão necessária para o exercício autônomo da cidadania (Fourez, 1997a)

1.2 Alfabetização Científica e Técnica (ACT)

“Eu consideraria, alguém como alfabetizado científica e tecnologicamente quando seus saberes promoverem uma certa autonomia (possibilidade de negociar suas decisões frente às pressões naturais ou sociais), uma certa capacidade de comunicar (encontrar as maneiras de dizer), e um certo domínio e responsabilidade, frente a situações concretas”

Fourez, 1997

A ACT, segundo Fourez (1997a), deve perseguir três objetivos: **humanístico, democrático e econômico.**

O primeiro, humanista, visa proporcionar a capacidade de entender o mundo, tendo como meta o desenvolvimento da autonomia individual, para que cada indivíduo possa usar e desfrutar do seu próprio potencial.

O segundo, diz respeito à diminuição da desigualdade produzida pela falta de conhecimento científico, visa dar às pessoas um conhecimento suficiente sobre ciência e tecnologia, de modo a incentivar o debate público, por meio da democratização do conhecimento.

O terceiro, econômico, trata da formação de profissionais das áreas das ciências, pois o cidadão deve ter habilidades para gerenciar situações do mundo contemporâneo, que estejam relacionadas com a capacitação do indivíduo para participar da produção de nosso mundo pós-industrial e do reforço de nosso potencial tecnológico e econômico.

Estes objetivos são potencialmente conflitantes e ao mesmo tempo complementares. São conflitantes no campo da negociação política de currículo, pois como fazer um currículo voltado para a ACT, que necessita de uma

articulação entre várias áreas do conhecimento, se atualmente o currículo é essencialmente disciplinar. Já no que se refere em formar um cidadão para a sociedade atual, eles são complementares, pois considerando estes três objetivos da ACT a educação deve desenvolver autonomia individual, habilidade de comunicação entre as pessoas e a capacidade de gerenciar contextos reais (Fourez, 1997a), que geralmente são complexos na sociedade pós-industrial (De Masi, 2000).

A Figura 1 mostra como os objetivos da ACT podem ser complementares e conflitantes ao mesmo tempo.

Figura 1: Objetivos da ACT e suas consequências, segundo Fourez (2007)

Apesar das novas necessidades da educação para a sociedade pós-industrial (Tabela 1), a didática tradicional tem resistido ao tempo. Continua prevalecendo a prática centrada no professor que expõe e interpreta os conteúdos, sem lhes conferir sentido (Libâneo, 1994).

Para dar sentido a esses conteúdos, proporcionando aos alunos uma ACT, torna-se necessário a utilização de contextos que tragam sentido a esse ensino fragmentado.

1.3 Contextos: sentido no ensino de ciências

Contexto pode ser entendido como a inter-relação de circunstâncias que acompanham um fato ou uma situação. Por exemplo, o contexto da análise de uma amostra de água, seria saber qual a origem dessa amostra e quais as circunstâncias de coleta.

O conhecimento das informações ou dos dados isolados é insuficiente para dar sentido a um contexto. É preciso situar as informações e os dados para que adquiram sentido. Para ter sentido, a palavra necessita do texto, que é o próprio contexto, e o texto necessita do contexto no qual se enuncia (Morin, 2001). Desse modo a palavra ligação muda de sentido no contexto atômico e no molecular, ou seja, no nível atômico ligação pode significar “compartilhamento de elétrons”, já no contexto das moléculas, ligação pode ser a “interação” que ocorre entre elas, dependendo de sua polaridade.

Na escola os alunos vêm, geralmente, as disciplinas de forma fragmentada e sem conexão entre elas e com o mundo real. Os conteúdos científicos são apresentados como um produto “pronto e acabado”, sem dar nenhuma visibilidade ao processo de sua construção, realizado por aqueles que praticam a pesquisa científica.

Nas aulas expositivas, que tradicionalmente são utilizadas para ensinar ciências, os alunos não conseguem perceber qual foi o problema que originou a aquisição dos conhecimentos apresentados, nem como utilizar tais informações em outros problemas reais. Essa falta de contextualização do ensino de ciências faz com que os alunos tenham um menor engajamento em seu aprendizado (Fourez, 2003).

Situações de aprendizagem, que utilizam contextos do mundo real, podem auxiliar na transição entre a escola tradicional, baseada na transmissão do conhecimento fragmentado, para uma escola que atenda às necessidades da sociedade pós-industrial: contemplação do pensamento complexo, da criatividade, da autonomia para tomar decisões (De Masi, 2003), da ACT e a interdisciplinaridade (Fourez, 1997a; Morin, 2001). Nesta perspectiva, contextos da vida real podem ser utilizados como motivação para a aquisição de conhecimento.

Para estudar um contexto são necessários vários conhecimentos, portanto a escolha da situação-problema deve ser feita de acordo com os conhecimentos necessários para a aprendizagem.

A utilização de contextos que representem o mundo real é uma maneira de o conhecimento científico ser utilizado de maneira sistêmica interligando as várias áreas do conhecimento. Portanto, se a escola quer dialogar com mais contundência com a realidade, são necessárias mudanças no âmbito do currículo que é essencialmente disciplinar, fragmentado.

O ensino formal deve possibilitar ao aluno a oportunidade de entender o mundo e ser capaz de tomar decisões a cerca de situações da vida real. Essas características são desejáveis no contexto da sociedade pós-industrial e podem ajudar a introduzir a ACT na sala de aula (Fourez, 1997b; Morin, 2001).

Uma forma de inserir contextos em situações de aprendizagem é a utilização de problemas do mundo real, que exigem a articulação de diversas disciplinas para entender o contexto estudado. Todos estes componentes se articulam e podem conferir sentido ao ensino como demonstrado na Figura 2.

Figura 2: Utilização de Contextos e Sentido.

A Figura 2, mostra como contexto, situação-problema, mundo real, interdisciplinaridade podem se articular para conferir sentido ao ensino.

Os números 1, 2, 3 e 4 indicam a ordem em esses componentes devem se articular para conferir esse sentido. Ou seja, a utilização de contextos a partir de situações-problemas (1) que devem ser do mundo real (2) e interdisciplinares (3) confere sentido ao ensino. Então pode-se recomençar o ciclo (4).

1.4 Uma alternativa

“Propõe-se no nível do Ensino Médio, a formação geral, em oposição à formação específica; o desenvolvimento de capacidades de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização”.

BRASIL, 1999

Considerando a necessária mudança no ensino formal, este trabalho estuda a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) como uma alternativa para conferir sentido ao ensino. Esse método utiliza problemas como ponto de partida para a aprendizagem. Considerando que, o ensino tenha sentido, é necessário trabalhar com contextos que exigem saberes de diversas disciplinas, buscou-se verificar a interdisciplinaridade na sala de aula.

2. OBJETIVO DA PESQUISA

A presente pesquisa tem por objetivo, verificar se a Aprendizagem baseada em Problema (ABP) pode promover a interdisciplinaridade no Ensino Médio.

Para tal, propõe-se uma sequência de atividades didáticas nas quais os alunos estudam uma situação problema, analisam-na e buscam conhecimentos para entendê-la a partir das aulas de Química.

3. PERGUNTA DE PESQUISA

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) pode promover a interdisciplinaridade no Ensino Médio, a partir das aulas de Química?

4. HIPÓTESE DE TRABALHO

A ABP pode promover a interdisciplinaridade, mas para isso é necessário que o problema estudado tenha um caráter real e interdisciplinar, e esteja inserido em um contexto.

5. REVISÃO DA LITERATURA

5.1 Aprendizagem Baseada em Problemas

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), método baseado no ensino a partir de um problema, é uma alternativa para conferir sentido ao ensino. Ela pode favorecer a participação ativa e constante dos estudantes, bem como a interação e a troca de informações entre eles durante o processo de ensino-aprendizagem.

Além de conferir à aprendizagem essa característica ativa, a ABP também pode conferir um caráter interdisciplinar, pois para entender um problema são necessários conhecimentos de várias áreas.

O desenvolvimento de habilidades relacionadas à comunicação, ao trabalho em equipe e à liderança pode ser obtido concomitantemente à aquisição técnica do conhecimento científico (Delisle, 1997).

Apesar de ter suas origens no ensino superior, a ABP também pode ser explorada no âmbito do ensino fundamental e/ou médio.

5.1.1 Breve Histórico

A ABP surgiu no final dos anos 60, quando um grupo de professores na Universidade de McMaster em Hamilton, Canadá, decidiu realizar uma reforma na educação médica, através de um novo currículo, baseado no estudo de problemas, (Wilkerson, 1996).

O novo currículo de medicina da McMaster foi estruturado após exaustivas consultas e visitas a outras faculdades de medicina (Araújo, 2009). Um dos programas, que inspiraram McMaster, estava presente na reforma curricular da Escola de Medicina da Universidade de Case Western Reserve, nos anos de 1950,

que incorporou e integrou um conjunto de métodos e estratégias instrucionais em laboratório multidisciplinar (Cyrino, 2004).

A partir do pioneirismo da Universidade de McMaster, o modelo da ABP se expandiu para muitas escolas de Medicina em todo o mundo. Dentre elas estão: a Universidade de Limburg, em Maastricht, na Holanda, a Universidade de Alborg, na Dinamarca, a Universidade de Newcastle, na Austrália, e a Universidade do Novo México, nos Estados Unidos.

A Escola de Medicina de Harvard iniciou, em 1984, uma proposta curricular em ABP, implantada como programa curricular paralelo ao currículo tradicional, voluntário para estudantes de Medicina e para professores. Passados os primeiros anos, e após uma avaliação comparativa entre o processo educacional tradicional e o novo currículo, Harvard passou a desenvolver um currículo único que “tinha como estratégias a ABP” (Cyrino, 2004).

Até aproximadamente o final dos anos 80, a ABP apresentou um crescimento lento, porém contínuo. Nos últimos 20 anos, entretanto, observou-se um aumento muito grande do número de cursos que adotam a metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas, com diferentes adaptações (Camp, 2005).

A maioria das escolas médicas nos Estados Unidos e muitas outras em várias partes do mundo, já adotam, ou planejam adotar o ABP em seus currículos. Outros cursos, como Enfermagem, Odontologia, Farmácia, Medicina Veterinária, Arquitetura, Negócios ("Business"), Direito, Engenharia, Engenharia Florestal, Ciência Policial, Serviço Social e Educação, também já adotaram a metodologia da ABP (Camp, 2005).

No Brasil, a ABP teve início na década de 1990, com sua implantação nos currículos dos cursos de medicina da Universidade de Marília, em São Paulo, e da Universidade de Londrina, no Paraná, além da pós-graduação da faculdade de Saúde Pública do Ceará.

Estudos que comparam currículos tradicionais a currículos que utilizam ABP mostram que os alunos formados nestes últimos, tiveram pior desempenho em disciplinas de ciências básicas, enquanto comparativamente, se saíram e melhor na área clínica. Também se observou diferenças na forma de estudo. Nos cursos de ABP, verificou-se maior utilização dos recursos da biblioteca pelos estudantes. Estes mostraram tendência a fazer análise prévia daquilo que é necessário estudar e, durante o processo de estudo, buscaram mais a compreensão do tema do que a informação direta (Borges, 2002).

As tendências apontadas nestes estudos sugerem que, os alunos submetidos à currículos baseados na ABP, possuam maior autonomia, um dos objetivos da ACT (Figura 1). Por isso a SBP pode ser útil para superar a crise de sentido do Ensino de Ciências.

5.1.2 Origens Filosóficas

Para analisar a origem filosófica da ABP é necessário considerar as ideias do filósofo John Dewey e do psicólogo Jerome Bruner (Mamede, 2001). Embora os professores de McMaster não citem esses autores, é possível detectar na ABP fundamentos conceituais propostos por eles.

Jerome S. Bruner nasceu em 1915. Doutorou-se em Psicologia, em 1941, na Universidade de Harvard, após ter concluído, em 1937, a licenciatura na Duke University.

Bruner é reconhecido como um dos primeiros elaboradores de uma formulação complexa do uso de problemas na educação. Foi também o principal proponente do movimento que veio a ser conhecido como aprendizagem por descoberta, proposta educacional que consistia em essência, no confronto de estudantes com problemas e na busca de sua solução através da discussão em

grupos, organização que para ele, propicia *insights* mais profundos sobre a realidade, estimulando o desenvolvimento das habilidades de raciocínio, despertando a motivação intrínseca para aprender e facilitando a assimilação e retenção de informação. Essa concepção pode ser considerada precursora da ABP (Mamede, 2001).

É preciso recuar mais ainda no tempo, com John Dewey (1859 – 1952), para buscar os fundamentos filosóficos da ABP.

Dewey graduou-se pela Universidade do Vermont, em 1879, e exerceu as funções de professor secundário durante dois anos, tempo em que desenvolveu um profundo interesse por Filosofia. Em Setembro de 1882 deixou o ensino e retornou à universidade, para estudar Filosofia na Universidade Johns Hopkins, onde obteve o doutoramento. Nas teorias deste autor vamos encontrar os fundamentos conceituais mais amplos e primeiros da ABP, suas raízes filosóficas, expressos em uma variedade de textos que promoveram a ruptura com todo um sistema de crenças e práticas em educação, e a formulação de uma visão radicalmente inovadora do processo de aprendizagem (Mamede, 2001).

Um dos eixos do pensamento de Dewey é sua consideração sobre a importância da experiência para a atividade de aprender, a ponto de sua pedagogia ser considerada como uma filosofia da experiência.

Com Dewey, o pensamento educacional abandona a noção da aprendizagem passiva, da mente como um recipiente vazio à espera de preenchimento com informação fática. É deixada para trás a ideia de que o conhecimento previamente acumulado nada significa para o que se vai aprender, de que cada coisa nova conhecida permanece desconectada do que existe e virá a existir na mente que aprende (Mamede, 2001).

Nesta visão educativa, Dewey (1967) propõe ainda que, a aprendizagem seja instigada através de problemas ou situações, que procurem de uma forma

intencional, gerar dúvidas, desequilíbrios ou perturbações intelectuais, valorizando experiências concretas e problematizadoras, com forte motivação prática e estímulo cognitivo para solicitar escolhas criativas.

Tanto as proposições de Dewey como os princípios da ABP, podem levar o aluno a uma aprendizagem significativa, pois os dois utilizam diferentes processos mentais (capacidade de levantar hipóteses, comparar, analisar, interpretar, avaliar) para entender um problema, o que pode desenvolver a capacidade de assumir responsabilidade por sua formação. De modo que tal abordagem contraste com o da pedagogia tradicional (Tabela 2).

Tabela 2: Comparação entre pedagogia tradicional e a pedagogia de Dewey.

	Pedagogia tradicional	Pedagogia de Dewey
Conhecimento	Verdade absoluta	Em constante construção
Papel do professor	Exposição do conhecimento (autoridade máxima)	Orientar a discussão (papel motivador)
Papel do aluno	Passivo, receber informações.	Ativo, busca informações.
Relação professor-aluno	De autoridade do professor	De igualdade.
Forma de aprendizagem	Exercícios repetitivos para memorização.	Discussão. Processo dinâmico.

Assim, é possível identificar na ABP, proposta por Barrows, uma metodologia ativa de ensino, fundamentos de Dewey e Bruner (Figura 3).

Figura 3: Fundamentos propostos por Dewey, Bruner e Barrows.

5.1.3 Estrutura

Um currículo baseado na ABP, apesar de possuir diversas definições, possui algumas características fundamentais. Em primeiro lugar, o conhecimento deve ser adquirido de forma ativa, utilizando-se problemas como ponto de partida e não com exposição do conhecimento disciplinar. Em segundo lugar, a ABP deve ser uma forma de construção de experiências de ensino e aprendizagem dentro de cursos e currículos, com problemas como o estímulo e foco para a atividade estudantil. Em terceiro, a ABP deve ser centrada no aluno (Charlin, 1998). Isso sugere que os estudantes possam definir por si próprios as suas necessidades de aprendizagem, além de escolher os meios de aprendizagem mais adequados e decidir quando sabem o suficiente sobre o problema estudado.

Não há, entretanto, consenso na definição de uma intervenção específica que caracterize de forma única a ABP. A ABP deve ser considerada um gênero para o qual existem muitas espécies e subespécies. Todos com diferentes objetivos, em diferentes graus. Todas as descrições e avaliações de qualquer método ABP devem ser analisadas em termos do tipo de problema utilizado, do

processo de ensino-aprendizagem, da responsabilidade dada aos alunos para a aprendizagem e dos métodos de avaliação dos alunos utilizados (Barrows, 1986).

Ao se analisar mais de uma instituição na qual seja empregada a ABP, verifica-se que em cada uma delas a metodologia é aplicada de modo diferente. E os resultados ou efeitos da ABP podem ser positivos ou negativos, dependendo de múltiplas variáveis que interagem entre si (Charlin, 1998).

A ABP é um método especificamente desenvolvido para estimular o desenvolvimento de competências para a resolução de problemas e a aprendizagem auto-dirigida, tendo como objetivos: a) Aquisição de um corpo de conhecimentos, compreendidos em profundidade, integrados a partir de uma abordagem multidisciplinar, estruturado de modo a facilitar a sua aplicação a outros problemas (contextos); b) Desenvolvimento de habilidades para a resolução de problema, para o trabalho em equipes, para o relacionamento inter-pessoal e para a aprendizagem auto-dirigida; c) Desenvolvimento de uma insaciável curiosidade e da vontade de aprender continuamente (Barrows, 1998).

Para que esses objetivos sejam alcançados, é essencial que o processo seja centrado no estudante. O papel do professor é o de guiar e facilitar a aprendizagem (Barrows, 1998). A adoção da ABP muda a responsabilidade pela aprendizagem, que deixa de ser exclusiva do professor e passa a ser compartilhada por este e pelo aluno.

O professor possui papel fundamental de orientador da aprendizagem, em todo momento deve desenvolver habilidades para facilitar essa aprendizagem, orientando os alunos através da resolução do problema estudado. Deve também estimular o aluno a encontrar as próprias respostas por meio de discussão em grupo, leituras de livros, artigos, consulta a especialistas (Araújo, 2009).

Como resultado, a organização tradicional da sala de aula é alterada: os papéis tradicionais definidos para o professor (transmissor de informações) e para

os alunos (receptores passivos de informação) são substituídos por novas funções, que exigem uma adaptação dos atores presentes na sala de aula (Figura 4).

Figura 4: Configuração da sala de aula (a) tradicional com carteiras (b) na ABP com mesas.

Na Figura 4, na situação (a), o professor, representado por uma bolinha branca, interage de forma unidirecional com o grupo de alunos, como demonstrado pelas setas com apenas uma direção. Já na situação (b) aparecem as interações que ocorrem numa sala de aula com ABP, os alunos, representados pelas bolinhas pretas, trabalhando em pequenos grupos, interagem entre eles e com o professor, o que é evidenciado pelas setas com direções diferentes e de duplo sentido.

A forma de trabalho representada na situação (b) está de acordo com os pressupostos da pedagogia de Dewey, descritos na Tabela 2. O que reforça a ideia da origem filosófica da ABP estar nesta pedagogia.

Para aplicar a ABP é necessária uma mudança no papel do professor que passa de uma situação protagonista (método tradicional) para uma de facilitador, transformando-se em um estrategista, que deverá desenvolver uma série de

processos e atividades necessárias para conseguir que seus alunos se tornem mais autônomos e capazes de tomar suas próprias decisões, para melhor entender o problema a ser estudado.

5.1.4 O Problema

O processo da ABP tem início quando uma situação ou tarefa, na qual um problema relevante ainda precisa ser definido, é apresentada ao grupo de alunos. Nessa metodologia a definição do problema é uma tarefa exclusiva dos alunos, através de discussão em grupo (Araújo, 2009).

Na ABP o problema é utilizado como ponto inicial para o aprendizado, podendo ser apresentado como problema, algo relacionado ao contexto real dos alunos, como por exemplo, pode-se utilizar o problema da contaminação da água em regiões urbanas, para alunos que vivem em tais regiões. Além de ser **real**, também pode ser **hipotético-real**, ou seja, que simule uma situação real. Por exemplo, simular que os alunos façam parte de uma comissão criada pelo governo e que tenham que propor soluções para a diminuição da emissão de gás carbônico, trata-se de uma situação imaginária que envolve um problema real (Charlin, 1998).

O problema pode ser escolhido pelo professor ou instituição, pelos alunos ou de maneira intermediária, pelos alunos e professor.

5.1.5 O ciclo da ABP

A ABP é um método baseado na pedagogia ativa de Dewey. Essa pedagogia utiliza a experiência como ponto de partida, para aquisição de novos conhecimentos. Na ABP essa experiência é representada por um problema.

O problema, que representa um contexto (Figura 2), é caracterizado por possuir informações insuficientes, na qual o aluno possa tomar certas decisões que conduzam a sua resolução (Charlin, 1998).

Além de conferir ao aprendizado uma finalidade motivadora, a ABP pode favorecer a participação ativa e constante dos alunos, sua interação e a troca de informações entre eles, de maneira colaborativa, durante o processo de ensino-aprendizagem. O desenvolvimento de habilidades relacionadas à comunicação, ao trabalho em equipe e à liderança pode ser obtido concomitantemente à aquisição técnica do conhecimento científico (Wilkerson, 1996).

Os objetivos da ABP atendem as metas humanísticas, democráticas e econômicas para uma ACT (Figura 1), pois desenvolvem autonomia individual, habilidade de comunicação entre as pessoas e a capacidade de gerenciar contextos reais. Estes objetivos são alcançados através das etapas percorridas durante a resolução de um problema, conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5: Ciclo da ABP

A ABP se inicia com a apresentação do problema que tem como objetivo conferir sentido ao ensino (Figura 2). Em seguida, há a etapa de

reconhecimento do que se sabe e do que é preciso saber, ou seja, é necessário identificar os conceitos prévios acerca do problema a ser estudado, e determinar quais conhecimentos são necessários para entendê-lo. Nesta etapa, os alunos podem se tornar conscientes de seus próprios conhecimentos e selecionar quais são os conhecimentos necessários para serem aprendidos através de um processo dinâmico. Após esta identificação, passa-se à etapa de buscar novas informações (papel ativo dos estudantes) e em seguida aplica-se essa informação (Figura 5). Os passos 2, 3 e 4 estão de acordo com a pedagogia de Dewey (Tabela 2), no que se refere a forma de aprendizagem, pois se trata de um processo dinâmico, o mesmo pode-se dizer quanto ao papel do aluno, que na ABP é ativo.

Dependendo da complexidade do problema escolhido e do interesse do professor, pode ser necessária a retomada do ciclo da APB, para melhor compreensão da possível resposta.

Por exemplo, em um estudo sobre tipos de materiais que contaminam um córrego pode, ao final do primeiro ciclo, deparar-se com o problema da fonte geradora desses materiais, o que torna necessário retomar o ciclo. Considerando o fato de que dentro de uma situação de sala de aula pode não haver tempo para essas retomadas, é essencial estabelecer metas claras. Após a aplicação dos conhecimentos para tentar entender e/ou resolver o problema em questão, os alunos fazem uma síntese dos resultados obtidos, na forma de um produto final, que pode ser um relatório, uma maquete ou um site.

5.2 Interdisciplinaridade

A interdisciplinaridade supõe um eixo integrador, que pode ser o objeto de conhecimento, um projeto de investigação, um plano de intervenção. Nesse sentido, ela deve partir da necessidade sentida pelas escolas, professores e alunos de explicar, compreender, intervir, mudar, prever, algo que desafia uma disciplina isolada e atrai a atenção de mais de um olhar, talvez vários.

BRASIL, 2002.

Interdisciplinaridade é um termo polissêmico e impreciso, difícil de definir. Por exemplo, a interdisciplinaridade pode significar, pura e simplesmente, que diferentes disciplinas são colocadas em um mesmo projeto escolar, com diferentes professores, falando sobre um mesmo assunto, através da ótica de sua disciplina específica. Também pode significar troca e cooperação. Em geral costuma ser entendida como uma proposta epistemológica que tende a superar a excessiva especialização disciplinar, surgida da racionalidade científica moderna (Morin, 2002).

Os diferentes termos que explicam as relações entre as disciplinas não provêm do ensino, mas do campo epistemológico, isto é, do estudo de como o conhecimento é organizado (Max-Neef, 2005). Alguns exemplos desses termos são: **disciplinaridade**, **multidisciplinaridade**, **pluridisciplinaridade** e **interdisciplinaridade**.

Disciplinaridade

Diz respeito a uma disciplina isolada, representando uma especialização independente (Max-Neef, 2005). Por exemplo, um aluno pode estudar ligações químicas, utilizando apenas conhecimentos da Química e, se sair bem, sem a necessidade de outras disciplinas.

Multidisciplinaridade

Envolve as atividades nas quais conhecimentos de diversas disciplinas contribuem para abordar um tema em comum, mas cujos objetivos e interesses são diversos (Max-Neef, 2005; Fourez, 1997a). Por exemplo, em uma escola pode-se discutir o tema água em diversas disciplinas e diversos momentos, nos quais cada professor falará do assunto de acordo com sua disciplina específica, sem interagir com as demais.

Pluridisciplinaridade

É definida como a existência de relações complementares entre disciplinas. Implica cooperação, sem coordenação entre as disciplinas, constitui a justaposição dessas (Max-Neef, 2005). Por exemplo, em um estudo sobre a poluição dos córregos, podem-se utilizar os conhecimentos das disciplinas: Química, Biologia e Geografia. No entanto, sem coordenação, os conhecimentos, de cada uma delas, reforçam o entendimento das demais.

Interdisciplinaridade (ID)

Pode ser definida como a cooperação entre duas ou mais disciplinas, a fim de estudar um único tema. Cada disciplina traz seus próprios esquemas conceituais, a maneira de definir os problemas e seus métodos de investigação.

A ID apresenta dois níveis hierárquicos (Max-Neef, 2005). Na elaboração de um projeto ID, o primeiro nível pode ser representado por um tema gerador, que coordena o segundo nível, no qual as disciplinas cooperam entre si. Por exemplo, pode-se trabalhar o tema ambiente, articulando-se as disciplinas: Química, Biologia, Geografia e a Física (Figura 6).

Figura 6: Relação entre o primeiro nível da ID (representado por Ambiente) e o segundo (representado pelas disciplinas)

Essa abordagem exige a presença de um tema compartilhado e utiliza os conhecimentos das várias disciplinas científicas (Figura 6).

Nota-se que em cada uma dessas definições há diferenças entre as interações das disciplinas. A Figura 7 mostra como as disciplinas interagem, em cada uma das definições.

Figura 7: Relações entre disciplinas.
Adaptado de Domelas (2009).

5.2.1 Interações Disciplinares & Grade Curricular

Para verificar tipos de interação entre as disciplinas (disciplinaridade, multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade), em um projeto, deve-se considerar a grade curricular do curso em questão. Como esta pesquisa foi desenvolvida no Ensino Médio, é necessário considerar sua grade curricular.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2000) a base comum nacional dos currículos do Ensino Médio deve ser organizada em três áreas de conhecimento:

I - Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

II - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias

III - Ciências Humanas e suas Tecnologias

Sendo que as áreas I, II e III estão subdivididas em disciplinas, como demonstradas na Figura 8, abaixo:

Figura 8: Grade Curricular do EM segundo os PCNs

Considerando os PCNs, temos, por exemplo, que para estudar os aminoácidos no Ensino Médio, são necessárias duas disciplinas: a Química e a Biologia. O mesmo tema, no Ensino Superior, é estudado apenas pela disciplina Bioquímica, que é comum aos cursos superiores das áreas de Química, Biologia, Farmácia, por exemplo, (Figura 9).

Figura 9: Disciplinas necessárias para estudar aminoácidos no Ensino Médio e no Ensino Superior

5.2.3 As interações no Ensino de Química

Os conteúdos discutidos na disciplina de Química permitem uma grande quantidade de interações com as outras disciplinas do Ensino Médio. Algumas discussões interdisciplinares podem ser promovidas a partir de temas de grande relevância, como as questões ambientais e os problemas relacionados à saúde.

A Química pode interagir com diversas outras disciplinas, quando tratada a partir de alguns temas. Por exemplo, ao estudar poluição, pode-se

relacioná-la com a História, retomando-se a revolução industrial; com a Geografia, trabalhando o impacto social das alterações do clima global; com a Matemática, fazendo cálculos de emissões de poluentes; com a Física, para entender fenômenos físicos, como, por exemplo, os efeitos da pressão e da temperatura.

5.3 ID & ABP

A interdisciplinaridade pode estar presente na sala de aula quando a ABP é utilizada. Cabe, porém, destacar que a interdisciplinaridade não é o desdém das disciplinas; ao contrário, ela visa à articulação das disciplinas para compreender uma situação (Fourez, 2003).

A Aprendizagem Baseada em Problemas pode ser utilizada para inserir a interdisciplinaridade nas aulas do Ensino Médio, mas isso não é tão direto, pois depende do problema escolhido e da forma como ele será trabalhado. É importante seguir um modelo de trabalho interdisciplinar para inserir a interdisciplinaridade na sala de aula do Ensino Médio, a partir da ABP.

As ilhas de racionalidade, propostas por Fourez, podem ser utilizadas como um modelo de trabalho interdisciplinar para o desenvolvimento da ABP.

5.4 Ilhas de racionalidade: modelo de trabalho interdisciplinar

Propostas por Fourez (1997b), as Ilhas de Racionalidade (IR) são representações teóricas de uma situação específica (um contexto) que necessitam da utilização de saberes de diversas áreas do conhecimento e do cotidiano, para serem compreendidas. São uma alternativa para a efetivação da ID na sala de aula. Este modelo, portanto, visa à utilização de contextos interdisciplinares para promover a aprendizagem.

Caso essa situação específica seja apresentada por meio de um problema interdisciplinar, verifica-se a possibilidade de compreender a ABP a partir das IR. Ambas são capazes de conferir uma maior autonomia aos alunos, tornando-os co-responsáveis pelos seus aprendizados, estimulando-os a serem capazes de tomar decisões sobre problemas e situações do cotidiano.

Uma IR designa uma representação teórica apropriada de um contexto e de um projeto, permitindo comunicar e agir sobre o assunto (Nehring, 2002). A construção de uma IR ocorre por meio de etapas, nas quais o(s) grupo(s) envolvido(s) toma(m) decisões sobre a extensão e a profundidade com que os assuntos disciplinares (denominados “caixas pretas”) serão abordados, segundo as necessidades de compreender o problema em discussão.

Fourez propõe 8 etapas para a construção de uma IR, denominadas: **clichê, panorama espontâneo, consulta a especialistas e especialidades, indo à prática, abertura de *caixas-pretas*, esquema geral, abertura de caixas prestas sem especialistas** e por último a **síntese da IR**. Embora tais etapas sejam aqui apresentadas de forma linear, são flexíveis, podendo ser alteradas ou até suprimidas.

Tabela 3: Etapas de uma IR, propostas por Fourez

	Etapas	Descrição	Objetivo
1	Clichê	É o conjunto de perguntas por meio das quais se expressam as concepções e as dúvidas iniciais que o grupo tem a respeito da situação (brainstorm). É o ponto de partida da atividade.	Levantamento de ideias prévias.
2	Panorama espontâneo	Amplia-se o clichê através da formulação de outras questões relevantes. Listam-se alguns itens que devem ser levados em conta e levantam-se pontos que não foram atendidos na primeira etapa. Nela ocorrem várias ações, tais como o refinamento das questões, a definição dos participantes, o levantamento de normas e listagem dos diversos aspectos da situação que serão abordados, escolha dos caminhos a seguir, listagem das especialidades e dos especialistas envolvidos com a situação.	Planejamento Verificar o que se quer saber
3	Consulta aos especialistas e às especialidades	A equipe define quais especialistas da lista serão consultados. Nesta etapa ocorre o envolvimento com diversas áreas do conhecimento.	Aquisição de conhecimento
4	Indo à prática	É o momento em que vão entrevistar pessoas, pratica-se a desmontagem de equipamentos e/ou a realização de pesquisas. Deixa-se de pensar apenas teoricamente sobre a situação para conectá-la à prática.	Aquisição e aprofundamento dos conhecimentos adquiridos.
5	Abertura de <i>caixas-pretas</i>	É o momento de aparecer disciplinas específicas. Pode-se recorrer a especialistas ou não. É o momento dos conteúdos escolares.	Aprofundamento disciplinar dos conhecimentos adquiridos.
6	Esquema geral	Consiste na elaboração de uma síntese, um esquema geral que assinala os aspectos importantes escolhidos pela equipe.	Verificar o que se aprendeu. Aprofundamento
7	Abertura das caixas pretas sem especialistas	Buscar o aprofundamento de algumas questões sem consultar especialistas. É um momento de autonomia da equipe. É uma etapa importante porque o grupo deverá tomar decisões com base em suas opções.	Aquisição e aprofundamento disciplinar dos conhecimentos adquiridos.
8	Síntese da IR	Sintetizar a IR através de uma apresentação que contemple os diversos elementos pensados ao longo de sua elaboração	Reconhecimento dos conhecimentos adquiridos e/ou aprofundados.

5.5 Relações entre ABP e IR

A ABP é o processo, incluindo suas etapas, para a resolução de um problema que representa um contexto. Já a IR é o contexto, que deve ser representado através de suas etapas de construção.

O modelo de trabalho, IR, pode ser utilizado para conferir caráter interdisciplinar à ABP, pois as etapas do modelo IR contemplam as etapas da ABP (Tabela 4)

Tabela 4: Relação entre as etapas da ABP e do modelo de trabalho IR

ABP ^a	IR ^b
Apresentação do problema	Clichê
Identificar o que se sabe e o que é necessário aprender	Panorama espontâneo
Buscar novas informações	Consulta a especialistas e especialidades Indo à prática Abertura de <i>caixas-pretas</i> com ou sem especialistas
Aplicar novos conhecimentos	Esquema Geral Síntese da IR

^a: Figura 5.

^b: Tabela 3.

Na IR a etapa 1, denominada Clichê, é entendida como o conjunto de perguntas por meio das quais se expressam as concepções e as dúvidas iniciais que o grupo de alunos tem, a respeito de uma situação; e na ABP, a mesma etapa constitui a apresentação do problema, que pode ser escolhido pela escola, pelo professor, ou pelos alunos (Figura 5). A etapa 1 então consiste no esclarecimento e levantamento de dúvidas sobre o problema.

Tanto para a ABP quanto para a IR, este é o ponto inicial para a atividade, desenvolvido principalmente pelo professor, pois é nesta etapa que se

apresenta o problema a ser estudado. As outras etapas são desenvolvidas essencialmente pelos alunos, contando com a orientação professor.

Em ambas as abordagens, os grupos devem fazer levantamento do que se sabe e do que é necessário saber sobre o contexto, além da preparação de um plano de ação, assim exercitando sua autonomia. Nesta fase do projeto (etapa dois da IR) não se recorre a nenhum especialista, apenas aos conhecimentos dos próprios alunos. Nela exige-se muito mais a participação do aluno, devendo o professor atuar como orientador, para a elaboração do cronograma do desenvolvimento do projeto.

A busca de informações da ABP ocorre através das etapas 3, 4, 5 e 7 da IR, pois os alunos podem consultar especialistas, especialidades e fazer pesquisa na Internet. Neste momento eles devem procurar pessoas, o professor ou até mesmo outros alunos, que tenham maior conhecimento da área, para obterem informações que possam ajudá-los na solução do problema, entrando em contato com várias áreas do conhecimento.

Nestas etapas os alunos devem por em prática seu plano de ação, podendo fazer entrevistas, visitar lugares, fazer análises, pesquisar em livros, revistas, internet, entre outros meios de obtenção de informação. Após buscar informações devem selecionar “caixas pretas”, conhecimentos específicos que vão utilizar. É o momento de aparecer disciplinas específicas dentro de uma perspectiva interdisciplinar, por exemplo, ao se estudar o problema da água, em regiões urbanas, podem surgir questões da Biologia (doenças), da Geografia (localização de fontes de água mineral) e da Química.

As “caixas-pretas” podem ser abertas ou não. Para os alunos se escolherá as caixas pretas que conduzam ao estudo de noções importantes no mundo técnico-científico, e que sejam correspondentes aos conteúdos programáticos a estudar (Neringh, 2002).

Estas etapas podem ser repetidas quantas vezes forem necessárias, para a compreensão do contexto estudado.

A elaboração da síntese dos resultados, em ambos os casos, deve aparecer como um produto final, abrindo-se a possibilidade de criação de um site, um mini-congresso, um relatório, um vídeo ou outra forma de comunicação. Algo que é decidido pelos alunos, com o auxílio do professor, de acordo com os resultados esperados.

Tanto as IR quanto a ABP exigem um trabalho colaborativo entre estudantes e professores, para entender um problema que é a representação de um contexto, como demonstrado no mapa conceitual representado na Figura 10.

Figura 10: Relações entre ABP e IR

Os conceitos da Figura 10 demonstram algumas convergências entre estas abordagens. Nota-se que ambas tem como foco principal o entendimento de um

contexto/problema através do trabalho em grupos de alunos orientados pelo professor.

A abordagem interdisciplinar, proposta pelo modelo de trabalho das IR e pela ABP, podem oferecer melhores condições para que aspectos formativos sejam contemplados na sala de aula, visando à formação de cidadãos com uma visão ampla, que possuam o entendimento da complexidade da realidade.

5.6 Aprendizagem Significativa

O processo de ensino-aprendizagem predominante nas escolas, ainda está baseado na transmissão cultural, que valoriza o professor como detentor do conhecimento e os estudantes como receptores passivos de informação. No entanto, este tipo de aprendizagem, conhecida como aprendizagem mecânica, é insuficiente quando o objetivo do ensino é formar cidadãos capazes de resolver os problemas complexos da sociedade contemporânea, que requerem apropriação do conhecimento adquirido. Para isso, é necessário que a aprendizagem ocorra de maneira significativa.

A aprendizagem significativa (AS) é uma teoria de aprendizagem baseada na psicologia cognitiva, ou seja, a AS resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva (Moreira, 1999).

Proposta por Ausubel, a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação (conceito, ideia, proposição) adquire significados para o aprendiz, através de uma espécie de ancoragem em aspectos relevantes da estrutura cognitiva, preexistente do indivíduo.

A estrutura cognitiva de um indivíduo pode ser entendida como o conteúdo total de ideias presente em seu cérebro, bem como a organização dessas ideias em uma área particular de conhecimentos. Para Ausubel, o armazenamento de informações no cérebro humano ocorre de maneira organizada, formando uma estrutura hierárquica conceitual, na qual, elementos mais específicos do conhecimento, são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais e inclusivos.

Aspectos relevantes da estrutura cognitiva, que servem de ancoradouro para a nova informação, são chamados “subsunçores”. O termo ancorar, no entanto, apesar de útil como uma primeira ideia do que é aprendizagem significativa, não proporciona uma imagem da dinâmica do processo. Na

aprendizagem significativa há uma interação entre o novo conhecimento e o já existente, aproximação que permite que ambos se modifiquem. À medida que o conhecimento prévio serve de base para a atribuição de significados à nova informação, ele também se modifica, ou seja, os subsunçores vão adquirindo novos significados, se tornando mais diferenciados, mais estáveis. Novos subsunçores vão se formando e interagindo entre si. A estrutura cognitiva está constantemente se reestruturando durante a aprendizagem significativa. O processo é dinâmico; o conhecimento vai sendo construído (Novak, 2006a).

Em Química, por exemplo, se o conceito de átomo já existe na estrutura cognitiva do aluno, ele servirá de subsunçor para novas informações sobre como os átomos se ligam, para formar as moléculas. Entretanto, este processo de “ancoragem” da nova informação resulta em crescimento e modificação do conceito subsunçor. Isso significa que subsunçores existentes na estrutura cognitiva podem ser abrangentes e bem desenvolvidos, ou limitados e pouco desenvolvidos, dependendo da frequência com que ocorre aprendizagem significativa, em conjunção com um dado subsunçor (Moreira, 1999). No exemplo citado, uma ideia intuitiva de átomos serviria como subsunçor para novas informações referentes a formação de moléculas, porém na medida em que esses novos conceitos fossem aprendidos de maneira significativa, haveria um crescimento e elaboração dos conceitos subsunçores iniciais.

Joseph Novak fundamentou-se nas ideias de David Ausubel sobre Aprendizagem Significativa para elaborar os fundamentos do mapeamento conceitual. Desenvolvidos em meados da década de 1970, os mapas conceituais estão fundamentados na teoria de David Ausubel (Moreira, 1999).

5.6.1 Mapas Conceituais

A técnica de elaboração de mapas conceituais foi desenvolvida durante uma pesquisa realizada pelo grupo de Joseph D. Novak. Eles trabalharam com cerca de 200 alunos, durante seus 12 anos de formação escolar, entrevistando esses estudantes periodicamente. O objetivo da pesquisa foi determinar como os períodos iniciais de estudo influenciavam o aprendizado posterior de ciências por parte dos estudantes. Durante o primeiro ano de coleta de dados, eles se depararam com a dificuldade de observar mudanças específicas que estavam ocorrendo no entendimento das crianças sobre conceitos científicos; soma-se a isso, o enorme esforço em transcrever as entrevistas coletadas (Novak, 2006a).

Foi então, a partir das ideias da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que Novak, e seu grupo de pesquisa desenvolveram a técnica de elaboração de mapas conceituais, utilizada para coletar os dados de pesquisa das entrevistas com os estudantes. O mapeamento conceitual proposto por Novak é uma forma esquemática de representar a estrutura cognitiva idiossincrática de um indivíduo, sobre determinado assunto ou área do conhecimento. O exercício de elaborar mapas conceituais estimula a busca por relações significativas, e diminui a chance da ocorrência de aprendizagem mecânica.

Os mapas de conceitos podem ser definidos como um conjunto de conceitos imersos em uma rede de proposições. Os conceitos são dispostos hierarquicamente, do mais inclusivo para o mais específico, assim como estão organizados na estrutura cognitiva do indivíduo (Figura 11).

Figura 11: Exemplo de MC

As proposições, que são as unidades fundamentais dos mapas conceituais, são constituídas pelos elementos indicados na equação da Figura 12.

Conceito inicial + termo de ligação + conceito final → Proposição

Figura 12: Estrutura de uma proposição

A inclusão obrigatória de um termo de ligação, que expresse claramente a relação entre dois conceitos, é o que confere ao mapa conceitual sua característica fundamental da busca pelo significado e o difere dos demais organizadores visuais de conhecimento (Novak, 2006a).

Como exemplo da importância do termo de ligação, são apresentadas, na Figura 13, três possíveis estruturas proposicionais:

Figura 13: importância do termo de ligação na estrutura proposicional (Dornelas, 2009).

Logo, de acordo com a Figura 13, nota-se que não é possível saber qual a relação que um indivíduo faz entre os conceitos átomo e molécula sem o termo de ligação (a). Já com a presença do termo de ligação (b e c) é possível saber se o indivíduo pensa que os átomos são formados por moléculas (b) ou se ao átomos formam moléculas (c). Dessa forma a presença do termo de ligação é obrigatória para avaliar a aprendizagem.

Mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre diferentes conceitos (ideias) representados por palavras ou imagens. As relações estão demonstradas por meio de conexões explicativas (termo de ligação), representadas por setas de ligação entre os conceitos. Cada seta é acompanhada de uma palavra, ou frase, que explica a relação entre os conceitos conectados (proposição, Figura 14). Os mapas conceituais podem ser bastante úteis para explicitar significados e relações em um corpo de conhecimentos.

Figura 14: Exemplo de proposição de um MC.

A técnica de mapeamento conceitual pode ser utilizada em diferentes situações, para diferentes finalidades: instrumento de análise do currículo, técnica didática, recurso de aprendizagem, meio de avaliação (Novak, 2006a).

Essa versatilidade de usos como ferramenta faz do mapeamento conceitual uma poderosa ferramenta de coleta de dados, que pode ser usada estrategicamente nos mais variados projetos de pesquisa.

Mapas conceituais podem ser usados para mostrar relações significativas entre conceitos ensinados em uma única aula, em uma unidade de estudo ou em um curso inteiro. São representações concisas das estruturas conceituais que estão sendo ensinadas e, como tal, provavelmente facilitam a aprendizagem dessas estruturas (Moreira, 2003).

Nesta pesquisa o mapeamento conceitual tem o objetivo de atuar como organizador das ideias dos alunos, e como instrumento de verificação de relações entre disciplinas (interdisciplinaridade).

6. A PESQUISA

A pesquisa realizada foi qualitativa, com manejo quantitativo dos dados, visto que a complexidade do objeto de estudo exige uma descrição do que foi observado em sala de aula.

6.1 Caracterização da Pesquisa

O projeto de pesquisa foi executado em uma escola estadual da região metropolitana de São Paulo, em duas turmas da 2ª série do Ensino Médio, designadas por 2º série A e B, do período matutino, que possuíam na época por volta de 40 alunos cada.

As atividades do projeto foram realizadas no decorrer de 14 encontros nas aulas de Química, pela própria professora e, inseridas no horário regular dos 3º e 4º bimestres do ano letivo de 2007. Convencionou-se, neste trabalho, as aulas de encontros. Nessa escola estudada há duas aulas semanais de Química, com 50 minutos cada, para as 2ª séries do Ensino Médio.

6.1.1 Local da pesquisa

A escola apresenta 15 salas de aula, um laboratório de ciências e um laboratório de informática, biblioteca e uma sala de aula que é utilizada como sala de vídeo.

O laboratório de ciências é carente de materiais, sendo que para utilizá-lo, é necessário que o professor chegue antes de seu horário para prepará-lo, o que muitas vezes não é possível, pois a maioria deles trabalha em outros locais.

Já o laboratório de informática apresenta 20 computadores funcionando em rede, com acesso à internet, sendo a única condição para sua utilização o

agendamento prévio. A biblioteca e sala de vídeo também podem ser acionadas através de agendamento.

A equipe gestora da escola é composta por diretor, vice-diretor e duas coordenadoras pedagógicas (diurno e noturno) (Figura 15).

Figura 15: Equipe gestora da unidade escolar em 2007.

Porém durante todo ano de 2007, quando o projeto foi realizado, a escola ficou sem a coordenadora pedagógica do período diurno. A falta da coordenadora pedagógica do período diurno dificultou algumas atividades, pois nesta escola é função da coordenadora controlar a utilização dos recursos, como sala de informática.

Para realização do projeto foram utilizadas principalmente as salas de aulas e a sala de informática. Além dos ambientes escolares, os alunos visitaram a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, unidade localizada na região da Cantareira – SP, e fizeram alguns trabalhos de campo no próprio bairro.

6.1.2 Sujeitos

A maioria dos alunos, que frequentam a escola, é oriunda de bairros vizinhos da mesma. Há grande rotatividade de alunos entre os períodos diurno e noturno da escola, ou seja, alunos iniciam o ano letivo estudando em um período e durante o ano mudam para outro.

Das duas turmas, A e B, que vivenciaram a situação de aprendizagem, foram coletados e analisados dados, para este estudo, de apenas uma: a turma A. Isto ocorreu devido ao fato de as aulas de Química da turma B serem realizadas às sextas-feiras, dia da semana em que houve diversas reuniões e feriados, com paralisação de aulas, o que atrapalhou o andamento das atividades, provocando a supressão de algumas etapas da situação de aprendizagem, neste grupo.

Perfil da turma A: dos 42 alunos que constavam na lista de matriculados, 37 eram frequentes no início do projeto, sendo que durante a aplicação da unidade didática, 6 alunos foram transferidos, restando apenas 31 ao término.

Esta sala era considerada pelos professores da escola como a “sala problema”, e, era frequente ouvir na sala dos professores alguns dizerem:

<i>“tenho que ir para a 2ª A, que Deus me proteja”.</i>

Na disciplina de química, os alunos não apresentavam notas baixas, mas eles eram apáticos, não participavam e era frequente a realização de atividades de outras disciplinas durante as aulas.

Não queriam que a professora passasse conteúdo novo, não queriam fazer os exercícios propostos, reclamavam da quantidade de atividade e não

enfrentavam os desafios de entrar em contato com novos conhecimentos. Eles apenas queriam ficar agrupados, conversando.

Os alunos costumavam dizer aos professores, logo que entravam na sala:

<i>"Professora, por que a senhora veio hoje? Não vai passar nada, né?"</i>
--

No entanto, após iniciada a aula, os alunos não criavam problemas de indisciplina nas aulas de química, apesar de só alguns participarem.

6.2 Capacitação dos alunos para elaboração de Mapas Conceituais

Antes do início da Situação de Aprendizagem (SApr) os alunos participaram de uma atividade de capacitação, para que compreendessem como elaborar mapas conceituais. Essa capacitação consistiu em um jogo de cartas, no qual foram utilizados conceitos trabalhados nas aulas de Química. Tal procedimento foi necessário, pois os mapas conceituais foram utilizados como uma das principais ferramentas de coleta de dados.

A capacitação, para a produção dos MCs, foi feita através de um jogo de cartas desenvolvido por um integrante do grupo de pesquisa, Carlos Eduardo Godoy.

Elaboração do jogo

Foi elaborado um jogo de baralho com cartas contendo conceitos trabalhados nas aulas de Química, tais como átomo, mol, densidade, água, solução e concentração.

Participantes

A classe foi dividida em grupos de seis a oito alunos, nos quais continham:

- *1 gerente de grupo: Responsável pela organização das atividades do grupo*
- *1 registrador: Responsável pela organização das cartas descartadas no tabuleiro de papel e por desenhar o mapa conceitual, produzido como resultado do jogo.*
- *Cinco ou seis jogadores: que jogaram o baralho conforme as regras.*

Objetivo do jogo

O objetivo é descartar todas as cartas da mão, uma a cada rodada, estabelecendo relações entre elas e as cartas já abertas no tabuleiro. Tais relações devem ser aceitas pelos outros jogadores para serem validadas.

Quando um aluno não consegue estabelecer relações, ele compra uma carta do monte que está com o gerente.

Como Jogar

Os jogadores devem sentar-se ao redor do tabuleiro. O gerente abre 2 cartas aleatórias no tabuleiro e distribui 7 cartas para cada jogador. As outras formarão o monte para compra.

Nas rodadas, cada jogador deve estabelecer uma relação (termo de ligação) entre duas cartas (uma da mesa e uma da sua mão - conceitos); é necessário que elas sejam coerentes e pertinentes às questões do tema do jogo.

Ao estabelecer a relação e tê-la validada pelo grupo, o jogador entrega sua carta ao "registrador", que a coloca no tabuleiro ao lado da carta com a qual foi relacionada e desenha ambas as cartas e o termo de ligação (relação) correspondente.

O jogo termina quando algum jogador descarta todas as suas cartas, ou acaba o espaço no tabuleiro - nesse caso quem tiver menor número de cartas vence.

Nesse momento, o gerente retira as cartas do tabuleiro e o resultado é um MC desenhado no papel.

Após terem participado da capacitação para elaborar mapas conceituais (MC) manuscritos, através do jogo de cartas, os alunos foram levados para a sala

de informática, onde puderam elaborar mapas digitais utilizando o programa de computador chamado CmapTools, que tem por finalidade a construção de MCs.

O objetivo era o de garantir um período de treinamento adequado para os alunos, pois, a construção de mapas de qualidade, que mostrem claramente compreensão e entendimento do tema representado é um processo que usualmente se inicia com mapas pobres, tanto em sua estrutura topológica quanto em sua semântica, e que melhora com o tempo a prática e retro-alimentação por parte do professor ou de pessoas com mais experiência na construção de mapas (Novak, 2006a).

6.3 Situação de Aprendizagem

No planejamento da situação de aprendizagem (SApr) foram utilizadas as etapas das IR tendo um problema como ponto de partida, a fim de conferir caráter interdisciplinar a ABP (Figura 16).

Figura 16: Fundamentos da Situação de Aprendizagem.

A Figura 16, mostra a articulação entre os fundamentos utilizados na elaboração da SApr, o círculo cinza escuro, no centro, indica a utilização de problemas como ponto de partida, ou seja, fundamentos da ABP. O círculo cinza médio, marcado com IR, demonstra a utilização das etapas das IRs na construção da SApr, representada pelos pequenos círculos marcados de 1 a 14 na extremidade da figura, cada pequeno círculo indica 1 encontro. O círculo cinza claro indica que a utilização das etapas do modelo das IRs utilizando um problema como ponto de partida, gera o que podemos chamar de ABP interdisciplinar (ABPi). Os números 1 a 14 indicam cada encontro da SApr descritos na Tabela 5.

Antes da apresentação do problema e início da SApr, os alunos fizeram uma visita ao Sistema Cantareira da SABESP, chamado de encontro zero, que compreendeu os processos para captação e tratamento da água. Nessa ocasião, os alunos tiveram a oportunidade de assistir a uma palestra com especialistas sobre o uso consciente da água, seu tratamento e sua distribuição. Esta visita foi feita com o objetivo de sensibilizar os alunos em relação a SApr que seria iniciada.

A Tabela 5 apresenta as principais atividades e objetivos de cada encontro da SApr.

Tabela 5: Descrição da situação de aprendizagem

Encontro	Principais atividades	Objetivos	Etapas	
			IR ^a	ABP ^b
0	Visita ao sistema Cantareira	Sensibilização	-	-
1	Discussão sobre as questões levantadas durante a visita ao Sistema Cantareira. Divisão dos grupos e levantamento de ideias. Escolha do problema a ser abordado.	Fazer levantamento dos possíveis problemas relacionados à água. Definição do problema.	1	1
2	Construção de um mapa conceitual sobre o tema água. Discussão em grupos sobre quais as etapas a seguir.	Verificar o que se sabe e o que é preciso aprender.	2	2
3	Definição de quais especialidades (ou especialistas) serão consultados. Apresentação de um projeto: qual o papel de cada integrante?	Definição do projeto.	3	3
4	Pesquisa sobre conceitos relacionados com o problema escolhido (tarefa de casa) Discussão em grupos sobre quais as etapas a seguir.	Definição do projeto.	4	3
5 e 6	Discussão em grupos sobre o andamento da pesquisa feita no horário extraclasse. Pesquisa bibliográfica e consulta a especialistas.	Coleta de informações de diversas disciplinas	5	3
7	Apresentação dos dados preliminares coletados pelos alunos. Revisão das etapas que ainda serão executadas.	Aplicação dos novos conhecimentos	6	4
8, 9 e 10	Discussão em grupos sobre o andamento da pesquisa feita no horário extraclasse. Pesquisa bibliográfica.	Coleta de informações de diversas disciplinas	7	3
11	Discussão sobre eventuais desdobramentos a partir do problema.	Aplicação de novos conhecimentos.	8	4
13 e 14	Apresentação da solução proposta pelos grupos de alunos. Construção de um mapa conceitual sobre o tema água. Avaliação do projeto.	Síntese dos resultados obtidos.	8	4

a: Tabela 3

b: Figura 5

7. PROCEDIMENTO DE PESQUISA

7.1 Coleta de Dados

A Figura 17, abaixo, descreve quais dados foram coletados durante os encontros da SApr.

Figura 17: Estrutura da coleta de dados.

Os alunos elaboraram mapas conceituais no 2º encontro, chamado de inicial, e no 14º, chamado de final. Os dois foram analisados e comparados.

7.1.1 Observações e Relatórios: Contexto da sala de aula.

As observações foram feitas pela professora durante os encontros, com a finalidade de observar a dinâmica da aula e a organização dos alunos durante a SApr. Foram utilizadas, quando necessárias, para complementar a análise dos dados.

Os relatórios foram produzidos pelos alunos, funcionando como um diário de pesquisa, no qual, deveriam descrever:

- 1. As atividades realizadas, por cada integrante do grupo, durante os encontros e atividades extraclasse;*
- 2. As dúvidas*
- 3. Os resultados das pesquisas;*
- 4. O planejamento dos próximos passos;*

Além de serem utilizados como avaliação formal dos alunos, os relatórios tiveram como objetivo sistematizar o caminho percorrido pelo grupo durante a SApr. E, assim como as observações, foram utilizados, quando necessários.

7.1.2 Mapa conceitual inicial (MCi)

Durante o segundo encontro, após terem discutido sobre questões relacionadas à água e sobre o problema a ser abordado, os alunos trabalharam em duplas ou trios elaborando um mapa conceitual sobre o tema “Água”. Para isto

receberam a orientação que deveriam debater sobre o tema e elaborar um mapa conceitual que contemplasse as ideias dos componentes do trio/dupla.

A elaboração deste mapa teve como objetivos obter as concepções dos alunos após a discussão sobre o problema. Além de favorecer a aprendizagem significativa por promover a expressão das relações existentes entre os conceitos na estrutura cognitiva dos alunos.

Nesta etapa foram elaborados 16 MCs, utilizando o programa de computador para construção de MCs, Cmap tools.

7.1.3 Mapa conceitual final (MCf)

No encontro 14, ao final da SApr, os alunos elaboraram outros mapas conceituais sobre o tema “água”, desta vez em grupos. Para isto receberam a mesma orientação do MCi, acrescentando-se a de que deveriam fazer associações do tema com os diversos conteúdos abordados durante a SApr.

O objetivo da elaboração deste mapa foi o de verificar uma possível mudança conceitual e a se houve uma maior interdisciplinaridade.

Foram elaborados 6 MCs, de forma colaborativa, sendo 1 de cada grupo.

7.1.4 Questionário de avaliação do projeto

Ao final da SApr os alunos foram convidados a responder um questionário de avaliação do projeto (Figura 18). Esta avaliação teve como objetivo propiciar a tomada de consciência, por parte dos alunos, do que eles aprenderam

com a realização das atividades. Neste questionário os alunos não precisaram se identificar.

Avaliação do Projeto:
Tratamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos em Grandes Cidades

1) Os conhecimentos estudados me habilitaram a lidar melhor com o mundo.

☐ Concordo ☐ Não concordo ☐ Concordo parcialmente

2) Os aspectos estudados contribuíram com minha capacidade de tomar decisão diante dos problemas ligados a situação problema.

☐ Concordo ☐ Não concordo ☐ Concordo parcialmente

3) Cite dois aspectos positivos das atividades desenvolvidas durante o projeto.

4) Cite dois aspectos negativos das atividades desenvolvidas durante o projeto.

5) Faça um comentário sobre um fato que você considera mais relevante na sua pesquisa.

Figura 18: Questionário de avaliação do projeto.

A primeira parte do questionário era composta por duas afirmativas. Para cada uma delas, o aluno deveria dizer se *concordava*, *não concordava* ou *concordava parcialmente*, marcando um X no quadrado correspondente.

Na segunda parte os alunos tinham que responder questões abertas sobre os pontos positivos, negativos e relevantes em relação a realização das atividades propostas pela SApr.

7.2 Tratamento dos Dados

7.2.1 Mapas Conceituais

Os MCs foram avaliados considerando suas características gerais de estrutura e de conceitos, com a finalidade de compará-los.

Os 16 MCi e os 6 MCf foram analisados **estruturalmente** e **conceitualmente**.

Análise estrutural

Os MCs, foram avaliados quanto à sua estrutura, tendo como base a taxonomia topológica proposta e validada por Cañas e Novak (Novak, 2006b). Trata-se de uma maneira de classificar e avaliar estruturalmente, e de forma clara, a variedade de mapas conceituais através do uso de parâmetros comuns que possibilite a medição de avanços no processo de construção de mapas.

A taxonomia topológica considera a complexidade estrutural do mapa, sem considerar o significado de conceitos e proposições. É utilizada para medir o progresso no início do processo de construção de mapas conceituais, quando o estudante está aprendendo aspectos elementares como o uso de conceitos formados por poucas palavras, proposições e ligações cruzadas.

Ela é composta por sete níveis (0 a 6), sendo 0 o mais simples e 6 o mais elaborado) os quais avaliam cinco critérios relacionados aos conceitos, termos de

ligação, relação entre conceitos, grau de ramificação, profundidade hierárquica e ligações cruzadas.

- **critério P1** (utilização de conceitos em vez de trechos de textos): este critério tem caráter mais semântico do que estrutural, no entanto a presença de trechos de textos no lugar de conceitos formados por poucas palavras pode ser indicativa de estruturas memorísticas, pobres, rígidas e isoladas. A capacidade de resumir textos em conceitos é um ponto de partida obrigatório para o estabelecimento de relações múltiplas e flexíveis entre ideias, que resultem na construção de estruturas cognitivas cada vez mais complexas e sofisticadas. Este critério é de grande relevância, tanto que mapas que apresentam trechos de texto no lugar de conceitos é classificado como sendo nível 0 (o mais baixo), independentemente de sua complexidade ou da presença de qualquer outro elemento estrutural.

- **critério P2** (estabelecimento de relações entre conceitos): observa-se a presença ou não de termos de ligação (TL), e não os termos em si. Deste modo, qualquer símbolo colocado intencionalmente pelo autor com a finalidade de estabelecer uma relação correta entre os conceitos deve ser interpretado como termo de ligação.

- **critério P3** (grau de ramificação): a ramificação de um mapa conceitual está associada ao número de pontos de ramificação. Um ponto de ramificação ocorre quando, a partir de um nó, conceito ou termo de ligação, saem duas ou mais linhas de conexão (o número exato não importa). Este critério se refere ao número de nós que apresentam mais de uma ramificação e não ao número de ramificações que emergem de um nó.

- **critério P4** (profundidade hierárquica): é determinado contando-se o número de ligações entre o conceito raiz e o conceito mais afastado deste. Este critério só tem sentido se o mapa apresentar pelo menos um conceito raiz. Mapas conceituais construídos a partir de uma pergunta enfoque ou tema geralmente apresentam um conceito raiz, independentemente da forma que podem adotar posteriormente.

- **critério P5** (presença de ligações cruzadas): uma ligação cruzada é essencialmente uma proposição entre conceitos que usualmente estão localizados em diferentes setores de um mapa conceitual, de modo que formem um circuito fechado.

Uma tabela foi organizada para realizar a análise estrutural, na qual, são apresentadas as relações entre os critérios e os níveis dessa taxonomia topológica (Tabela 6).

Tabela 6: Relação entre critérios e níveis na análise estrutural de MC

NÍVEL	CRITÉRIO				
	P1 Conceitos	P2 Termos de ligação (TL)	P3 Grau de ramificação	P4 Profundidade hierárquica	P5 Ligações cruzadas
0	predominam trechos com textos	Sem TL	Linear (0 ou 1 ponto de ramificação)	0 níveis de hierarquia	0 ligações cruzadas
1	predominam conceitos	faltam 50% ou menos dos de TL	Linear (0 ou 1 ponto de ramificação)	0 níveis de hierarquia	0 ligações cruzadas
2	predominam conceitos	Apresenta mais de 50% TL	Ramificação baixa (2 pontos de ramificação)	0 níveis de hierarquia	0 ligações cruzadas
3	somente conceitos	Não faltam TL	Ramificação média (3 ou 4 pontos de ramificação)	Menos de 3 níveis de hierarquia	0 ligações cruzadas
4	somente conceitos	Não faltam TL	Ramificação alta (5 ou 6 pontos de ramificação)	3 ou mais níveis de hierarquia	0 ligações cruzadas
5	somente conceitos	Não faltam TL	Ramificação alta (5 ou 6 pontos de ramificação)	3 ou mais níveis de hierarquia	1 ou 2 ligações cruzadas
6	somente conceitos	Não faltam TL	Ramificação muito alta (7 pontos de ramificação)	3 ou mais níveis de hierarquia	Mais de 2 ligações cruzadas

Com base nos critérios e níveis apresentados na Tabela 6, foi elaborado um quadro para cada MC. Este quadro foi preenchido durante a avaliação topológica dos MCs elaborados pelos alunos. O modelo do quadro utilizada está representado na Tabela 7.

Tabela 7: Quadro para avaliação estrutural dos MCs

	0	1	2	3	4	5	6
P1	T/C	C/T	C/T	C	C	C	C
P2	0	< 0,5	> 0,5	1	1	1	1
P3	0	0-1	2	3-4	5-6	5-6	≥7
P4	0	0	0	< 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3
P5	0	0	0	0	0	1-2	>2

No quadro, T/C significa predominância de trechos de textos em relação a conceitos, C/T predominância de conceitos em relação a trechos de textos e C a presença de 100% de conceitos.

No critério P2, que avalia o número de TLs, a ausência total de termos de ligação entre conceitos é representada por (0), a presença de metade ou menos da metade de termos de ligação entre conceitos por (< 0,5), a presença de mais da metade de termos de ligação entre conceitos por (> 0,5). O número 1 representa presença de termo de ligação entre todos os conceitos apresentados no mapa.

Nos critérios P3, P4 e P5, os números indicam a quantidade de pontos de ramificação, números de ligações entre o conceito raiz e o mais afastado e o número de ligações cruzadas, respectivamente, presentes no mapa.

A seguir, é apresentado um MC elaborado por um grupo de alunos (Figura 19).

Figura 19: Exemplo da análise estrutural em um MC (MCi 3).

Para análise deste mapa foi utilizado o quadro da Tabela 7, resultando no quadro abaixo (Tabela 8).

- Como há 100% de conceitos, em P1 foram marcados os níveis que contêm C.
- Já em P2 foram marcados os nível 1, pois não falta TL no MC.
- Em P3 foi marcado o nível 3-4, isso porque, como marcado nos contornos 1, 2 e 3 do MC, há três ramificações.
- No critério P4 foi marcado o nível <3 , pois, como demonstrado pela seta, marcada com a letra A, no MC, há no máximo duas ligações entre o conceito raiz, água, e o conceito mais distante dele.
- Por fim em P5, foram marcados os níveis que contêm 1-2, porque o MC, não apresenta uma ligação cruzada, como demonstra o contorno 4 do MC.

Tabela 8: Quadro de avaliação estrutural do MC da Figura 19

MCI 3	0	1	2	3	4	5	6
P1	T/C	C/T	C/T	C	C	C	C
P2	0	$< 0,5$	$> 0,5$	1	1	1	1
P3	0	0-1	2	3-4	5-6	5-6	≥ 7
P4	0	0	0	< 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3
P5	0	0	0	0	0	1-2	> 2

Nota-se que, pelo fato de a maior parte dos critérios se enquadrar no nível 3, este mapa foi classificado como nível 3 na escala topológica utilizada para sua avaliação estrutural.

A seguir outro exemplo, utilizando uma análise que teve dois níveis como o mesmo número de marcações.

Figura 20: Exemplo da análise estrutural em um MC (MCi 2).

A análise:

- Como há 100% de conceitos, em P1 foram marcados os níveis que contêm C.
- Já em P2 foi marcado o nível que contém $>0,5$, pois como indicado pelo contorno 1 no MC, falta apenas um TL.
- Em P3 foi marcado o nível 2, isso porque, como marcado nos contornos 1 e 2 do MC, há duas ramificações.
- No critério P4 foi marcado o nível <3 , pois, como demonstrado pela seta no MC, há no máximo duas ligações entre o conceito raiz, água, e o conceito mais distante dele.
- Por fim em P5, foram marcados os níveis que contêm zero, porque o MC, não apresenta nenhuma ligação cruzada.

Tabela 9: Quadro de avaliação estrutural do MC da Figura 20

MCi 2	0	1	2	3	4	5	6
P1	T/C	C/T	C/T	C	C	C	C
P2	0	< 0,5	> 0,5	1	1	1	1
P3	0	0-1	2	3-4	5-6	5-6	≥7
P4	0	0	0	< 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3
P5	0	0	0	0	0	1-2	>2

Neste caso houve empate entre os níveis 2 e 3, pois os dois tiveram três itens marcados, como observado na Figura 20. Então, foi utilizado o critério 2 (P2) para desempate, pois os termos de ligação são parte essencial na construção de um mapa conceitual, logo, o nível escolhido para este MC foi o 2. Neste caso optamos por não considerar o critério P1 para desempate, pois, em nenhum MC houve textos no lugar de conceitos.

Análise semântica (conceitual)

Para a análise semântica dos mapas conceituais produzidos, as proposições, dos MCis e MCfs, foram tabuladas e colocadas em uma única tabela, totalizando 301 proposições. A Tabela 10 mostra algumas dessas proposições.

Tabela 10: Parte da tabela com as proposições dos MCs

Código	Conceito inicial	Termo de ligação	Conceito final
MCi 2	Água	pode	Acabar
MCi 2	Água	tem composição	H ₂ O
MCi 2	H ₂ O	é formada por	2 hidrogênios
MCi 2	H ₂ O	é formada por	1 oxigênio
MCi 2	Água	é	solvente
MCi 2	Água		natureza
MCi 2	Todos os seres vivos	precisam da	Sabesp
MCi 2	Sabesp	precisa	natureza

Após a construção da tabela, com todas as proposições de todos os mapas, foi adicionada uma coluna em branco destinada para a categorização dessas proposições conforme exemplo da Tabela 11.

Tabela 11: Exemplo da tabela utilizada para a categorização das proposições.

Código	Conceito inicial	Termo de ligação	Conceito final	Categoria
MCi 2	Água	pode	Acabar	

Foram escolhidas, aleatoriamente, 100 proposições para a categorização, realizada por três pesquisadores, que foi feita seguindo os passos descritos na Tabela 12.

Tabela 12: Passos percorridos para a categorização das proposições

Passo	Tarefa realizada	Realização
1	Criação de categorias a partir da identificação de conteúdos nas proposições	Individual
2	Negociação de um conjunto comum de categorias a partir dos resultados obtidos durante a análise individual.	Grupo ^a
3	Classificação de cada proposição, usando o conjunto comum de categorias	Individual
4	Avaliação do nível de discrepância.	Individual ^b
5	Recategorização das proposições discrepantes.	Individual ^b

^a: Nesta etapa, além, dos pesquisadores, houve a atuação do orientador da pesquisa.

^b: Etapa realizada apenas pela autora da dissertação.

Além da categorização das proposições foi determinado o nível de discrepância (ND). O ND é proposto como um meio para verificar a consistência da categorização, realizada pelos pesquisadores. Ele expressa a relação entre o número de proposições classificadas em diferentes categorias pelos pesquisadores e o número total de proposições. Quando o ND é superior a 0,10 (10%), uma nova rodada de negociação e de classificação deve ter lugar. Valores para ND menor que 0,10 (10%) são aceitáveis, devido à inerente subjetividade desse processo de categorização (Correia, 2009). Após este cálculo as proposições que apresentaram discrepância foram recategorizadas.

Após a realização das tarefas descritas na Tabela 12, para a categorização das 100 proposições escolhidas aleatoriamente, as demais preposições foram categorizadas individualmente pela pesquisadora.

7.2.2 Questionário de Avaliação do projeto

As respostas dos alunos da primeira parte do questionário foram tabuladas e organizadas em uma planilha, onde foi possível visualizar a quantidade de cada resposta em número e porcentagem.

A segunda parte do questionário foi tabulada e categorizada individualmente pela pesquisadora. As categorias obtidas estão listadas na Tabela 13.

Tabela 13: Categorias das respostas dos alunos do questionário de avaliação do projeto.

Categoria	Descrição
Trabalho de Campo	Trabalho de pesquisa realizado pelo grupo (entrevistas e visitas)
Tempo	Tempo dado a realização das atividades
Participação do grupo	Participação de todos os integrantes do grupo
Conscientização	Conscientização das pessoas em relação á necessidade de preservação da água
Apresentações	Dinâmica das atividades

As mesmas categorias foram encontradas nas três questões. Quando as respostas das questões 3, referente aos pontos positivos, e 5, referente a relevância da pesquisa, são classificadas com a mesma categoria, indicam o mesmo sentido. Por exemplo, a categoria *participação do grupo*, aparece como ponto positivo em alguns questionários e como fato relevante na pesquisa em outros. E nos dois casos indicam que os integrantes do grupo participaram das atividades da situação de aprendizagem.

Já quando na resposta da questão 4 (pontos negativos) significa que há falta do fato descrito pela categoria, por exemplo, a categoria *participação do grupo*, quando citada nesta questão, indica que houve falta de participação por parte dos integrantes do grupo na elaboração da pesquisa. Do mesmo modo, quando a resposta dessa questão está na categoria *conscientização*, isso indica que há falta de conscientização das pessoas em relação a preservação da água.

8. RESULTADOS E DISCUSSÕES

8.1 Observações e Relatórios

Logo no primeiro encontro foram formados 6 grupos com, em média, seis alunos cada.

Após a montagem dos grupos, os alunos começaram a discutir sobre o problema que iriam estudar a partir do problema geral que foi o ***“Tratamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos em Grandes Cidades”*** com ênfase no bairro em que eles moravam. Os alunos discutiram em grupos sobre as impressões obtidas durante a visita a SABESP e a partir dessa discussão cada grupo escolheu o problema a ser estudado, como demonstrado na Tabela 14.

Tabela 14: Problemas escolhidos pelos alunos

Grupo	Problema escolhido
1	A obtenção e o uso inadequado da água em comunidades carentes ou em condomínios.
2	Problemas de abastecimento no bairro da escola
3	Água dos mananciais, como preservar?
4	Como minimizar a poluição dos córregos?
5	Os córregos colocam em risco a saúde dos moradores. Quais precauções que devemos tomar?
6	Doenças transmissíveis através da água.

A partir da análise dos problemas descritos na Tabela 14 é possível observar que os grupos divergiram para dois temas gerais: sendo o primeiro a **conscientização sobre o consumo de água**, demonstrado pelos três primeiros grupos; e o segundo, o **saneamento básico**, relacionado aos temas escolhidos pelos três últimos grupos.

É possível que estes dois temas tenham surgido, devido à visita à SBESP. Pois, estes foram assuntos centrais tratados durante a visita.

No segundo encontro, antes de se reunirem em grupos, os alunos fizeram um mapa conceitual em duplas ou trios sobre o tema água, na sala de informática utilizando o programa Cmap-tools. Foi pedido que relacionassem todos os conceitos que eles lembrassem naquele momento.

Após a construção do mapa conceitual, se reuniram novamente e passaram a discutir sobre o problema que escolheram. Ao final da aula cada grupo entregou um relatório sobre as atividades desenvolvidas durante o encontro e o que haviam planejado para o próximo encontro.

No terceiro encontro, antes de iniciarem as discussões, a professora passou orientações de como se faz uma pesquisa e de como eles deveriam se organizar. Começou, então, a discussão e a preparação de uma apresentação para o restante da sala sobre o que cada grupo estava fazendo. Essa apresentação foi preparada com o objetivo de compartilhar as ideias de cada grupo, além de dar a oportunidade aos grupos de receberem e darem sugestões sobre os trabalhos uns dos outros. Neste dia não houve relatório.

O quarto encontro começou com as apresentações sobre o que cada grupo havia pesquisado e como daria andamento ao estudo do problema. Além de apresentarem seus projetos, ao final do encontro fizeram e entregaram um relatório contendo sugestões para os demais grupos. Estas sugestões foram entregues para os grupos, para que pudessem avaliá-las e utilizá-las se necessário. Neste momento já foi possível notar uma sensível mudança na postura dos alunos. O que pode ser evidenciado pelas anotações da professora:

“Antes do início da aula, fui abordada por um grupo de alunos querendo tirar dúvidas sobre o trabalho, pois haviam visitado uma favela para analisar as condições da água e sua utilização... Isso nunca havia acontecido antes.”

Durante o quinto e sexto encontro, os grupos deram seguimento às discussões, orientados pela professora, quando necessário.

No sétimo encontro houve uma apresentação informal, na qual a professora deu orientações específicas para cada grupo.

Nos encontros 8 a 11 os grupos continuaram trabalhando na elaboração da IR, sob orientação da professora

Os grupos apresentaram a síntese de seus trabalhos durante os encontros 13 e 14. Cada grupo teve liberdade para escolher o que iria apresentar, sob orientação da professora. Os trabalhos finais, apresentados por cada grupo estão relacionados na Tabela 15.

Tabela 15: Produto final de cada grupo

Grupo	Trabalho final
1	Maquete de um condomínio econômico Blog sobre economia de água
2	Seminário e Relatório
3	Seminário e Relatório
4	Vídeo sobre saneamento básico
5	Teatro de fantoches sobre saneamento básico
6	Seminário e Relatório

Ao término das apresentações os alunos, em grupos, fizeram outro mapa conceitual sobre o tema água.

8.2 Mapas Conceituais

8.2.1 Análise estrutural

Os 16 MCs iniciais (MCi) e os 6 finais (MCf) foram analisadas estruturalmente e classificados de acordo com os níveis topológicos propostos por Cañas e Novak (Novak, 2006b). Os resultados obtidos estão demonstrados no Gráfico 1.

Figura 21: Gráfico - classificação dos MCs em níveis estruturais.

Nota-se, pela análise estrutural feita, que o nível predominante para os MCis é o 3, enquanto que o nível predominante para os MCfs é o nível 5. Havendo uma maior complexidade estrutural dos MCfs em relação aos MCis. Isso pode ter ocorrido por eles estarem mais familiarizados com tema proposto quando construíram o MCf, no encontro 14.

No que se refere a ferramenta (construção de MC) observa-se que a capacitação foi eficiente, pois, a elaboração do MCi foi feita logo após o treino,

enquanto o MCf foi elaborado 14 encontros depois. E mesmo sendo elaborado após algum tempo os MCfs apresentaram níveis topológicos maiores. Isso talvez tenha ocorrido, pois, o exercício de elaborar mapas conceituais leva ao aprimoramento da técnica.

Outro fato é que não houve mapas classificados como nível 0 e que apenas 6,25% (n=1) dos MCi apresentaram o nível 1. Isso é importante, pois se muitos mapas tivessem sido classificados entre os níveis 0 e 1 eles não se apresentariam como uma boa base de dados para análise de compreensão e entendimento do tema abordado. É necessário que os alunos saibam se expressar corretamente através do mapa conceitual para que eles possam ser utilizados de maneira eficaz.

8.2.2 Análise semântica

Foram listadas todas as proposições dos 16 MCi e dos 6 MCf, obtendo-se 301 proposições, das quais 190 eram dos MCis e 111 dos MCfs.

Nota-se que apesar de serem apenas 6 MCfs, o número de proposições foi elevado, apresentando em média 18,5 proposições por MCf. Enquanto, a média nos iniciais foi de aproximadamente 12 proposições por MCi.

O elevado número de proposições nos MCf em relação aos MCi pode ter ocorrido devido ao fato de que os MCf foram elaborados em grupos maiores (aproximadamente 5 alunos) do que os iniciais (entre 2 e 3 alunos).

A partir do processo de categorização dos MCs, descrito na Tabela 12, foi calculado N/D, obtendo-se um valor de 0,036. Pois das 301 proposições apenas 11 foram classificadas de maneira diferentes pelos pesquisadores.

A Tabela 16 apresenta quatro exemplos de proposições presentes nos mapas conceituais elaborados pelos alunos, com suas respectivas categorias criadas pelos três pesquisadores e sua re-categorização.

Tabela 16: Exemplo de categorização de proposições na análise semântica.

Proposição	Pesquisador			Re-categorização
	1	2	3	
Água - não podemos - desperdiçar	Contexto	Conscientização	Conscientização	Conscientização
Hidrogênio – tem – água	Erro conceitual	Erro conceitual	Contexto	Erro conceitual
Desidratação – pode levar a – morte	Antropogênico b	Biologia	Biologia	Biologia
Enchentes – atraem - animais	Erro conceitual	Erro conceitual	Contexto	Erro conceitual

Após todo processo de categorização e re-categorização foram obtidas 7 categorias, das quais duas estão divididas em subcategorias **a** e **b**, como demonstrado na tabela 17.

Tabela 17: Categorias para a análise conceitual das proposições.

Categorias		Descrição da categoria	Exemplo
Química	a	relações vinculadas aos conceitos estudados na disciplina de Química no EM	água – é formada por 2 – átomos de hidrogênio
	b	relações vinculadas aos conceitos estudados na disciplina de Química no EM, ligadas ao tratamento de água	cloro – é utilizado para o – tratamento
Contexto		fatos/ideias gerais sobre a natureza	água do mar – é – salgada
Conscientização		Relações vinculadas a preservação e conservação do meio ambiente	peessoas – devem promover – reuso da água
Antropogênico	a	fatos/ideias sobre a utilização/importância da água para o ser humano	água – pode ser utilizada para a – irrigação
	b	fatos/ideias sobre a ação (predatória) do ser humano sobre a natureza	ser humano – contamina a –água
Biologia		relações vinculados aos conceitos estudados na disciplina de Biologia no EM	doenças - podem ser – leptospirose
Geografia		conceitos vinculados aos conceitos estudados na disciplina de Geografia no EM	aquíferos – são – subterrâneos
Erro conceitual		quando não é possível conferir sentido ao conteúdo da proposição.	hidrogênio – tem - água

Em seguida foram categorizadas as demais proposições, utilizando como referência as categorias descritas na Tabela 13.

A partir dos dados da categorização da análise semântica, foi elaborado um gráfico da frequência em porcentagem por categoria, para os mapas iniciais (coluna cinza escuro) e para os mapas finais (colunas cinza claro). Este gráfico está demonstrado na Figura 22.

Figura 22: Gráfico - Análise conceitual das proposições.

Tanto nos MCIs, quanto nos MCfs prevaleceram conceitos de Química, isso se justifica, devido ao fato do projeto ter sido desenvolvido nas aulas dessa disciplina, no entanto, como pode ser observado no Gráfico 3, esses conceitos foram qualificados. Nos MCIs, prevaleceram proposições da categoria Química (a), que relacionam conceitos vinculados à essa disciplina, enquanto que nos MCfs, prevaleceram proposições da categoria Química (b), relacionados ao tratamento da água (Figura 23).

Figura 23: Gráfico - Proposições de Química nos MCis e nos MCfs.

O fato descrito acima pode ter ocorrido, pois, durante a situação de aprendizagem, diversos grupos estudaram o tratamento da água, reconhecendo sua importância e a necessidade da preservação desse recurso natural.

Esta qualificação, das proposições, também pôde ser observada na categoria Antropogênico, que apresenta proposições com conceitos relacionados ao ser humano, sendo que nos MCis, prevaleceram proposições vinculadas à importância da água, e nas proposições dos MCfs, prevaleceram as proposições relacionadas as atividades predatórias do ser humano à natureza (Figura 24).

Figura 24: Gráfico - proposições Antropogênico a e b nos MCi e nos MCf.

A Tabela 18 mostra algumas proposições que evidenciam este fato.

Tabela 18: Alguns exemplos de proposições da categoria antropogênico (a e b) nos MCis e nos MCfs.

Mapas iniciais (antropogênico a)	Mapas finais (antropogênico b)
Água – necessária para a – vida	Pessoas - causam – poluição
Ser humano – necessita de – água	Pessoas - não devem – poluir
Água – é necessária para – lavar roupa	Ser humano – poluí os – córregos

Ao analisar o gráfico da Figura 22, nota-se que houve uma alteração nas proposições categorizadas como Contexto, marcada com o número 1, que relacionam conceitos gerais, aumentando-se o número de proposições de Química (2), Conscientização (3), Biologia (4) e de Geografia (5).

O fato de aumentar o número de proposições nas categorias Geografia e Biologia demonstra uma especialização dos conhecimentos de disciplinas específicas do Ensino Médio. Pois, proposições gerais (superficiais) deram lugar a proposições relacionadas à conhecimentos destas disciplinas.

Este fato caracteriza quais “caixas-pretas” foram abertas durante a situação de aprendizagem.

Considerando que as ‘caixas pretas’ são os conhecimentos provenientes das disciplinas, observa-se, que os grupos se aprofundaram principalmente nas disciplinas de Geografia e de Biologia.

Isso também foi demonstrado nos relatórios feitos pelos alunos. Segue alguns trechos, escritos nos relatórios, que indicam este fato:

Biologia: *“A Leptospirose é uma doença infecciosa febril, aguda, potencialmente grave, causada por uma bactéria... transmitida pela urina de ratos de esgoto...”*

Geografia: *“... Mananciais de água são as fontes, superficiais ou subterrâneas, utilizadas para abastecimento humano...”*

Também se observa um aumento na categoria conscientização nos mapas conceituais finais, marcada pelo número 5. Isso pode ser constatado pelos seguintes trechos de relatórios de alguns grupos:

“O rio Tietê na capital é totalmente poluído, sendo necessário buscar água longe o que aumenta o custo...”

Se não preservarmos a água... ela acabará...

Isso evidencia que ao trabalhar com este tema os alunos foram despertados para a necessidade da preservação da água potável.

8.3 Relações disciplinares & problemas escolhidos pelos grupos

A partir da análise dos mapas conceituais finais pôde-se observar que os grupos que trabalharam com problemas relacionados à **conscientização sobre o consumo de água** (Tabela 14), além das proposições da categoria química, que predominou em todos os MCs, apresentaram maior número de proposições das categorias geografia e/ou conscientização, o que indica que esse tema proporcionou uma interdisciplinaridade entre química e geografia.

Já os mapas conceituais dos grupos que optaram por problemas relacionados ao **saneamento básico**, apresentaram maior número de proposições da categoria biologia, o que indica que uma interdisciplinaridade entre química e essa disciplina.

Logo, ao se analisar o MCf do grupo 1 (Tabela 15), que trabalhou com um problema relacionado a **conscientização sobre o consumo de água**, esperava-se que apresentasse, principalmente, proposições das categorias química b (relativas ao tratamento da água) e conscientização (Tabela 17). No entanto, como podem ser observadas na Figura 25, no mapa conceitual final produzido por este grupo, além de, predominarem as proposições dessas categorias (química b e conscientização), há diversas proposições da categoria Biologia (marcadas pelo círculo) além de proposições das categorias geografia, contexto e química a.

Figura 25: Mapa Conceitual final do grupo 1

Como, durante toda a situação de aprendizagem esse grupo se aprofundou em questões relacionadas ao tratamento da água e do consumo consciente, como pode ser evidenciado pelos seguintes trechos de seus relatórios:

... “A SABESP promove o tratamento da água através de várias etapas...

... “condomínios econômicos devem promover o re-uso da água que vem das máquinas de lavar roupa, da chuva... para lavar as áreas comuns”...

Analisou-se seus mapas iniciais observando-se que predominaram proposições das categorias química a e contexto (Figuras 26 e 27), o que explica o fato dessas categorias se repetirem no mapa final desse grupo. Além disso, ao comparar estes MCis com o MCf, também é possível concluir que houve uma diminuição na categoria Contexto (relacionada a ideias mais superficiais), o que indica um aprofundamento nas áreas do conhecimento.

Figura 26: Mapa Conceitual inicial de parte dos integrantes do grupo 1

Figura 27: Mapa Conceitual inicial de parte dos integrantes do grupo 1

No entanto, a partir dos MCis, não há indícios da origem das proposições da categoria biologia. Porém, ao recorrermos aos relatórios podemos observar que os integrantes deste grupo conseguiram interagir com o grupo 5, que trabalhou o problema *“Os córregos colocam em risco a saúde dos moradores. Quais precauções que devemos tomar?”* (Tabela 14) e que apresentou como produto final o teatro de fantoches (Tabela 15).

Isso pode ser evidenciado através de algumas observações e trechos dos relatórios do grupo:

Observação feita durante o encontro 7:

“...o grupo 1 fez diversas perguntas para o grupo 5, parecendo estarem bastante interessados sobre o assunto proposto...”

Comentário do grupo 1 sobre a apresentação final do grupo 5:

“... a apresentação do teatro de fantoches foi muito legal... deixando claro quais doenças podem ser transmitidas pela água contaminada...”

Este fato comprova que, além de, promover a integração entre disciplinas, devido ao fato do aparecimento de categorias mais específicas, a situação de aprendizagem também promoveu a interação entre os conhecimentos estudados por grupos diferentes, isso, devido ao aparecimento de proposições no MCf de categorias presentes em um tema trabalhado por outro grupo e que não estão vinculadas ao seus MCis.

8.4 Questionário de Avaliação do projeto

A Tabela 19 apresenta a opinião dos alunos em relação a primeira parte do questionário (Figura 18).

Tabela 19: Repetição e porcentagem das respostas dos alunos das questões 1 e 2.

Afirmativa	Concordo		Não concordo		Concordo parcialmente	
	nº de alunos	% de alunos	nº de alunos	% de alunos	nº de alunos	% de alunos
1	14	45 %	0	0	17	55 %
2	10	32 %	0	0	21	68 %

A partir das respostas dos alunos é possível notar que nenhum aluno discorda que os conhecimentos estudados lhes habilitaram a lidar melhor com o mundo e, que contribuíram para a sua capacidade de tomar decisões sobre o problema estudado.

Em relação a primeira afirmativa, aproximadamente metade dos alunos (45%) concordaram que os conhecimentos estudados os habilitaram a lidar melhor com o mundo. O restante dos alunos concordou apenas parcialmente.

Já na segunda afirmativa apenas 32% dos alunos concordaram, enquanto o restante concordou apenas parcialmente. O que indica certa insegurança sobre a capacidade de tomar decisões frente ao problema estudado. Isso pode ser explicado pelo fato de que o problema abordado é muito complexo e não depende apenas de ações individuais.

A segunda parte do questionário (questões dissertativas) foi tabulada e categorizada. A Tabela 20 indica o número de repetições de cada categoria em cada uma das questões.

Tabela 20: número de repetições das respostas dos alunos por categoria das questões 3, 4 e 5.

Categoria	Questão 3 (pontos positivos)	Questão 4 (pontos negativos)	Questão 5 (relevância)
Trabalho de Campo	10		3
Tempo	4	5	0
Participação do grupo	8	5	12
Conscientização	5	10	11
Apresentações	4	6	0
Nenhum / Em branco	0	4	5

A partir da análise das respostas dos alunos nota-se que, o trabalho de campo foi um dos pontos positivos que mais se repetiu. A seguir são apresentados alguns comentários dos alunos em relação ao trabalho de campo como ponto positivo:

“... quando saímos fazendo perguntas para as pessoas...”

“... poder ver de perto... quando visitamos a comunidade.”

Alguns alunos (4) indicaram que o tempo dado foi um fator positivo, pois, puderam realmente se debruçar sobre o problema abordado. Enquanto outros (5) acharam que o tempo não foi adequado.

Já em relação aos pontos negativos, destacou-se a categoria conscientização. A seguir são apresentados alguns comentários dos alunos em relação a conscientização como ponto negativo:

“... a falta de consciência das pessoas... elas não economizam...”

“... não adianta fazer milhões de projetos de conscientização se as pessoas não querem economizar...”

Neste caso se nota, a partir dos comentários, que os alunos não se referiram as atividades desenvolvidas durante projeto e, sim, a impressão que tiveram sobre algumas pessoas durante a realização do mesmo. Talvez isso tenha ocorrido por uma falha na explicação para o preenchimento do questionário.

Quanto a relevância da pesquisa (questão 3), as categorias que mais se repetiram foram a *participação do grupo* e a *conscientização*.

A *participação do grupo* deve ter sido relevante para boa parte dos alunos, pois, esta “sala de aula” era uma sala apática, com pouca participação durante as aulas, antes do início da situação de aprendizagem. E, durante as atividades propostas houve uma mudança de postura de muitos alunos, desaparecendo a apatia inicial. Isso pode ser um indicativo do fator motivacional da ABP.

Já quando os alunos citam a *conscientização* como relevante estão se referindo a própria tomada de consciência sobre a importância da preservação da água. Como pode ser observados nos comentários apresentados a seguir.

“... *percebi que tenho que economizar água...*”

“... *vou evitar o gasto desnecessário desse recurso...*”

“... *a água é um bem insubstituível e deve ser preservado...*”

Vale lembrar que os alunos não precisavam se identificar, o que permitiu que eles respondessem sinceramente ao questionário.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da utilização do modelo de trabalho interdisciplinar, Ilhas de Racionalidade, proposto por Fourez, a Aprendizagem Baseada em Problemas conferiu interdisciplinaridade em uma sala de aula do Ensino Médio, através de uma situação de aprendizagem, criada com base nos princípios dessas duas metodologias.

Os dados obtidos, através dos mapas conceituais, mostraram que os alunos que participaram da SApr proposta relacionaram conceitos das disciplinas do Ensino Médio química, geografia e biologia de forma coordenada pelos problemas escolhidos, por cada grupo, a partir do problema gerador **“Tratamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos em Grandes Cidades”**.

Esses dados também mostraram que assuntos que antes da SApr eram tratados superficialmente, ao final da SApr, foram aprofundados e especializados. Demonstrando a abertura de “caixas-pretas” (conhecimentos disciplinares) segundo o modelo das IR.

Além de conferir a interdisciplinaridade e a especialização de alguns conhecimento, há indícios de que, a SApr tornou os alunos protagonistas de seu aprendizado, característica fundamental para a alfabetização científica (ACT). Isso porque os alunos que participaram dessa pesquisa eram considerados apáticos e desinteressados e, durante as atividades propostas, mudaram de postura participando ativamente.

Ao conferir sentido aos conceitos tratados em sala de aula foi possível desenvolver nos alunos motivação e interesse pelas aulas. Pois, quando os alunos percebem a articulação entre os conhecimentos das diferentes disciplinas e a relação entre aquilo que aprendem e sua realidade, sentem-se motivados a aprender.

A ABP, com seu caráter motivador, utilizando problemas da realidade dos alunos é um bom caminho para promover a interdisciplinaridade nas salas de aula do EM.

Em uma sociedade pós-industrial, na qual, as exigências apontam cada vez mais para cidadãos autônomos capazes de intervir em sua realidade, a ABP é uma ferramenta, que pode ser utilizada nas escolas para o desenvolvimento dessas características.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, U. F; SASTRE, G.(orgs.) **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior.** São Paulo, Summus, 2009.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental.** Brasília: MEC/SEF, 2002.

BARROWS, H. S. **The essentials of problem-based learning.** Journal of Dental Education, Washington, v.62, n.9, p.630-633, 1998.

BARROWS, H.S. **A taxonomy of problem-based learning methods.** Medical Education, Plymouth, 20: 481-486, 1986.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.** Cad. Brás. Ensino de Física, v. 19, n. 3: p. 291-313, 2002.

CAMP, G. **Problem-Based Learning: A Paradigm Shift or a Passing Fad?** Disponível em: <www.med-ed-online.org/f0000003.htm> Acesso em 12/10/2009.

CHARLIN, B; MANN, K.; PENNY, H. **The many faces of problem-based learning: a framework for understanding and comparison.** Medical Teachers, vol. 20, p. 323-330, 1998.

CORREA, P. R. M.; VALLE, B. X.; DAZZANI, M.; MALACHIAS, M. E. I. **The importance of scientific literacy in fostering education for sustainability.** Journal Clean Prod, 2009.

CYRINO, E.G.; PEREIRA, M. L. T. **Trabalhando com estratégias de ensino-aprendizado por descoberta na área da saúde: a problematização e a aprendizagem baseada em problemas.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, vol. 20. p. 780-788, 2004.

DE MAISI, D. **Criatividade e grupos criativos.** Rio de Janeiro, Sextante, 2003.

DE MAIS, D. **O ócio criativo**. Rio de Janeiro, Sextante, 2000.

DE MEIS, L. **O método científico: como o saber mudou a vida do homem**. Rio de Janeiro, Vieira Lent, 2005.

DELISLE, R. **How to use problem-based learning in the classroom**. Alexandria, Association for Supervision and Curriculum Development, 1997.

DEWEY, J. **Vida e Educação**. São Paulo, Melhoramentos, 1967.

DORNELAS, R. B. F. **Educação ambiental no ensino médio: integração de conhecimentos a partir das aulas de química**. São Paulo, 2009.

FOUREZ, G. **A construção das ciências**. São Paulo, editora UNESP, 1995.

FOUREZ G. **A model for interdisciplinary work**. Bulletin of Science, Technology & Technology & Society. 1997b. pp. 95-104

FOUREZ, G. **Scientific and Technological Literacy as a Social Practice**. Social Studies of Science, 1997a, pp. 903-936.

FOUREZ, G. **Crise no ensino de ciências?**. Investigação em ensino de ciências. - 2003. - pp. 1-14.

HOBSBAWN, E. **Era dos extremos: o breve século XX (1914-1991)**. São Paulo, Companhia das letras, 2001.

LATTUCA, L. **Creating Interdisciplinarity: Interdisciplinary, Research and Teaching among College and University Faculty**. Nashville, Vanderbilt, University Press, 2001.

LATTUCA, L. **Does Interdisciplinary Promote Learning? Theoretical Support and Researchable Questions**. Association for Study of Higher Education, p. 23-48, 2004.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. São Paulo, Cortez editora, 1994.

MAX-NEEF, M. A. **Foundations of transdisciplinarity**. Ecological Economics, Valdivia, Chile: Elsevier B.V., vol. 53 p. 5-16, 2005.

MAMEDE, S.; PENAFORTE, J. **Aprendizagem Baseada em Problemas - Anatomia de uma Nova Abordagem Educacional**. Fortaleza, Hucitec, 2001

MENEZEZ, L, C. **Ensinar ciências no próximo século. O desafio de ensinar ciências no século XXI**. A. do livro HAMBURGER E W e MATOS C. - São Paulo, Edusp, 2000.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo, E.P.U, 1999.

MORIN, E. **A Cabeça Bem Feita: Repensar a reforma - Reformar o pensamento**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2002.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à Educação do Futuro**. São Paulo, Cortez Editora, 2001.

NEHRING, C. M. **As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos**. Ensaio, Pesquisa em Educação em Ciências, vol. 2, nº, 2002.

NORMAN, G.R.; SCHMIDT, H.G. **Effectiveness of problem-based learning curricula: theory, practice and paper darts**. Medical Education, Plymouth, v.34, s.n., 721-728, 2000.

NOVAK, A. J; CAÑAS, J. D. **Re-examining the foundations for effective use of concept maps**. Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping. Universidad de Costa Rica, San Jose: vol. 1 p. 247-255, 2006a.

NOVAK, A. J; CAÑAS, J. D. et al. **Confiabilidad de una taxonomía topológica para mapas conceptuales**. Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping, Universidad de Costa Rica, San Jose: vol. 1, p. 494-502, 2006b.

WILKERSON, L; GIJSELAERS, W. H. **Bringing problem-based learning to higher education: theory and practice.** San Francisco, Jossey-bass, 1996.